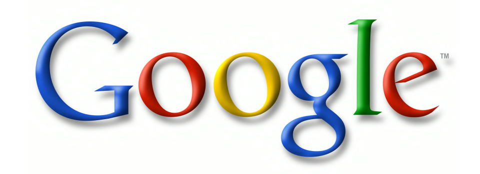
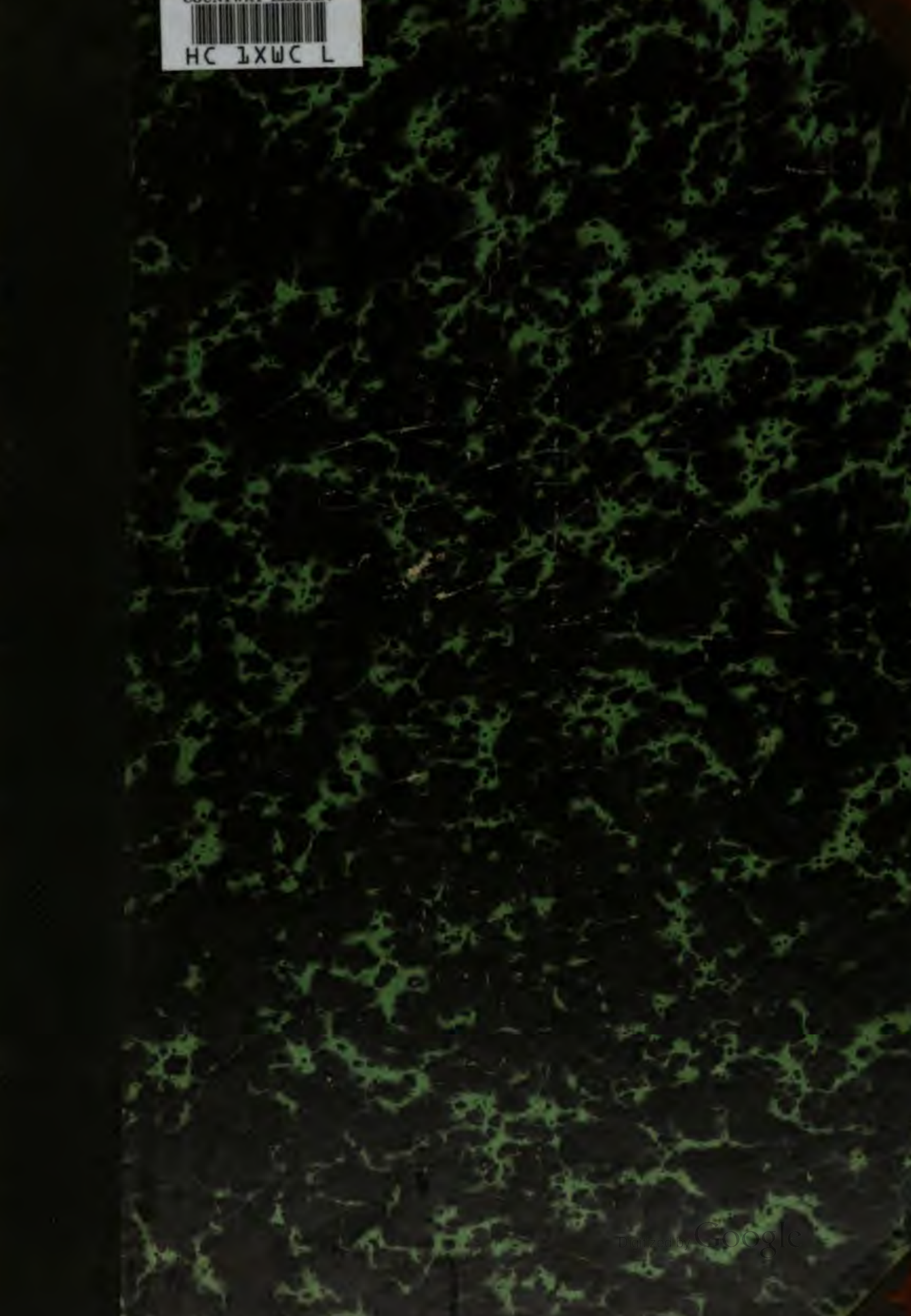






HANDBUCH

DER

PHYSIOLOGIE.

HANDBUCH

DER

PHYSIOLOGIE

BEARBEITET VON

Prof. H. AUBERT in Rostock, Prof. C. ECKHARD in Giessen, Prof. TH. W. ENGELMANN in Utrecht, Prof. SIGM. EXNER in Wien, Prof. A. FICK in Würzburg, weil. Prof. O. FUNKE in Freiburg, Dr. P. GRÜTZNER in Breslau, Prof. R. HEIDENHAIN in Breslau, Prof. V. HENSEN in Kiel, Prof. E. HERING in Prag, Prof. L. HERMANN in Zürich, Prof. H. HUPPERT in Prag, Prof. W. KÜHNE in Heidelberg, Prof. B. LUCHSINGER in Bern, Prof. R. MALY in Graz, Prof. SIGM. MAYER in Prag, Prof. O. NASSE in Halle, Prof. A. ROLLETT in Graz, Prof. J. ROSENTHAL in Erlangen, Prof. M. v. VINTSCHGAU in Innsbruck, Prof. C. v. VOIT in München, Prof. W. v. WITTICH in Königsberg, Prof. N. ZUNTZ in Bonn.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. L. HERMANN,

PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE AN DER UNIVERSITÄT ZÜRICH.

ZWEITER BAND.

II. THEIL.

LEIPZIG,

VERLAG VON F. C. W. VOGEL.

1879.



HANDBUCH DER PHYSIOLOGIE

DES

NERVENSYSTEMS.

ZWEITER THEIL.

PHYSIOLOGIE DES RÜCKENMARKS UND GEHIRNS

VON

PROF. C. ECKHARD UND PROF. SIGMUND EXNER.

MIT 14 HOLZSCHNITTEN.

LEIPZIG,

VERLAG VON F. C. W. VOGEL.

1879.



INHALTSVERZEICHNISS

zu Band II. Theil II.

PHYSIOLOGIE DES NERVENSYSTEMS. II.

Physiologie des Rückenmarks und Gehirns

von

PROF. C. ECKHARD und PROF. SIGMUND EXNER.

Erster Theil.

Physiologie des Rückenmarks und des Gehirns mit Ausschluss der Grosshirnrinde

von

PROF. C. ECKHARD.

Seite

Zweiter Theil.

Physiologie der Grosshirnrinde

von

Prof. Sigmund Exner.

PHYSIOLOGIE

DES

RÜCKENMARKS UND GEHIRNS

VON

PROF. DR. C. ECKHARD und PROF. DR. SIGM. EXNER
IN GIESSEN. IN WIEN.

ERSTER THEIL.

PHYSIOLOGIE DES RÜCKENMARKS
UND
DES GEHIRNS MIT AUSSCHLUSS DER GROSSHIRNRINDE

VON

PROF. DR. C. ECKHARD IN GIESSEN.

Einleitung. Zur Histologie der Centralorgane.[1]

Die Physiologie der Centralorgane steht in mehrfacher Beziehung in so enger Verbindung mit der Anatomie derselben, dass als Einleitung zu jener eine Uebersicht über den gegenwärtigen Stand der Histologie des Rückenmarks und Gehirns angezeigt ist. Man mache sich indess über diesen Punkt keine übertriebene Illusion. Physiologie und Histologie gehen vielfach ihre eigenen Wege und führen zu Thatsachen, die unvermittelt neben einander stehen; ich werde nicht unterlassen, anzudeuten, wo ihre Angaben gegenseitig bedeutungsvoll werden.

Bindesubstanzen. Zu diesen zählen die der Pia entstammenden, aus faserigem Bindegewebe bestehenden, sich bis zu den Gefässen zertheilenden Septa einerseits und die sogenannte Rindensubstanz nebst deren Fortsetzungen in das Innere des Marks hinein, einschliesslich des centralen Ependymfadens, andrerseits. Jedoch ist zu bemerken, dass für einzelne vorgelegte Fasern durch das Mikroskop allein nicht zu lösende Zweifel entstehen können, ob sie nervöser oder bindegewebiger Natur seien, zumal da Theilungen von Nervenfasern im Rückenmark mehrfach gesehen worden sind und man sich solche so weit fortgesetzt denken kann, dass wegen der Kleinheit der Faser ihre charakteristische Structur nicht mehr erkannt werden kann. Nach GERLACH[2] lassen sich diese Zweifel durch Goldchloridkalium und eine eigenthümliche Anwendung des Carminammoniaks beseitigen. Beide Reagentien färben die Nervenfasern,

---

1 Es kann sich selbstverständlich hier nicht um eine erschöpfende Darstellung dieses Gegenstandes handeln, sondern nur um eine Erinnerung an diejenigen histologischen Wahrheiten, welche bereits mit physiologischen Fragen in Zusammenhang gebracht worden sind, oder einen solchen für die nächste Zeit in Aussicht stellen. Für weitergehende Zwecke müssen die speciell histologischen Schriften zu Rathe gezogen werden.

2 J. GERLACH, Von dem Rückenmark. Handbuch der Lehre von den Geweben des Menschen und der Thiere. Herausgeg. von S. STRICKER. II. S. 678 ff. 1872.

nicht aber die Bindegewebsfasern. Die auf der äusseren Fläche des Rückenmarks bis zu 0,1 mm. Dicke vorkommende Rindenschicht setzt sich, die faserig-bindegewebigen Septa und auch die in die Fissuren eindringenden begleitend, bis zwischen die nervösen Elementartheile des Rückenmarks fort und bildet für diese das nächste, stützende Gerüste. Diese, Neuroglia genannte, im frischen Zustande sehr weiche, durch Kochen fester werdende Substanz zeigt ein feines Reticulum, dessen Interstitien durch eine sehr feinkörnige Grundsubstanz, cytogene Körperchen und verschiedene, selbst multipolare Bindegewebskörperchen ausgefüllt sind. Obschon die Histologen jetzt im Allgemeinen über diesen histologischen Bau der Neuroglia übereinstimmen, so sprechen sie sich im Einzelnen über den fasrigen Bestandtheil derselben doch noch verschieden aus. Bald wird er dem fasrigen Bindegewebe, bald dem elastischen Gewebe zugezählt, bald als ein Fasernetz sternförmiger Bindegewebszellen angesprochen. Der Antheil, welchen die Bindesubstanzen an dem mittleren Theile der grauen Substanz nehmen und welcher früher durch Angaben von BIDDER und seinen Schülern über- und durch STILLING unterschätzt wurde, ist jetzt dahin festgesetzt worden, dass das Epithel des Centralkanals, eine feinkörnige Substanz, welche zwischen und dicht unter den Zellen desselben sich findet, sowie eine dann folgende Lage mehr fasriger Structur ihnen zugezählt werden. Erst die vor und hinter diesen Elementen, die man in ihrer Gesammtheit als centralen Ependymfaden, identisch mit STILLING's Substantia gelatinosa centralis, bezeichnet, querziehenden Fasern rechnen die meisten Histologen zu den Nervenfasern. Die von der Pia ausgehenden, aus Fasern und Endothelplättchen bestehenden Septa geben überall Scheiden zu den Blutgefässen ab, die Nervenelemente werden da von ihr nicht unmittelbar, sondern nur von der Neuroglia berührt. In der weissen Substanz des Gehirns ist an verschiedenen Stellen, wie im Balken, den äussersten weissen Lagen des Gross- und Kleinhirns ein ähnliches Bindegewebe-Reticulum mit freien Kernen nachgewiesen worden. Dagegen sind die Ansichten getheilt über die äusserst feinkörnige, mit Kernen versehene Substanz, welche man in den grösseren grauen Ganglienmassen und in der äussersten Schicht der Oberfläche des grossen und kleinen Gehirns findet. Einige Histologen halten sie für eine dem Protoplasma der Ganglienkörper gleiche oder ähnliche Substanz, aus welcher die Fortsätze der vielstrahligen Ganglienzellen hervorgehen sollen, und bezeichnen sie daher wohl als eine zerflossene Gangliensubstanz, welcher sie insbesondere an der Oberfläche des Gehirns den Namen der grauen Deckplatte gegeben haben.

Andere zählen sie zu den Bindesubstanzen, müssen jedoch dabei zugestehen, dass der Nachweis, dieselben treten in der Form eines weichen Reticulums auf, zum mindesten sehr schwer zu erbringen sei. Das Vorhandensein aber einer sehr feinkörnigen Zwischensubstanz überhaupt in den grauen Theilen des Rückenmarks und Gehirns neben dem Bindegewebe-Reticulum wird man nicht läugnen können. Ob sie in der That so sparsam vorhanden ist, wie es an gehärteten Präparaten den Anschein hat, bleibt vorerst dahin gestellt.

Nervöse Elemente. Im Rückenmark kennt man bis jetzt als solche mit Sicherheit nur Nervenfasern und Ganglienzellen. Die ersteren kommen in der weissen und grauen Substanz, die letzteren in der grauen so ausschliesslich vor, dass sie in der weissen nur ganz vereinzelt und dann immerhin in der Nähe der grauen angetroffen werden. Die Fasern sind von ausserordentlich verschiedener Grösse, lassen eine Primitivscheide mit der Sicherheit wie die peripherischen Nervenfasern nicht erkennen, weshalb man sie ihnen gewöhnlich abspricht, haben besondere Neigung, Varicositäten zu bilden und zeigen an manchen Orten, wie z. B. im hinteren grauen Horn, wiederholte Theilungen. Die Nervenzellen wechseln gleichfalls in ihrer Grösse ausserordentlich, die kleineren Formen kann man oft nicht mit Sicherheit von Bindegewebszellen unterscheiden. Sie alle stellen hüllenlose Protoplasmakörper mit grossem, deutlichem Kern dar und besitzen eine verschiedene Anzahl von Fortsätzen. Deiters[1] entdeckte, dass an den grösseren Nervenzellen stets zwei Arten von Fortsätzen vorkommen. Die eine Art, wie es scheint, an dem Ganglienkörper nur einmal vertreten, geht in den Axencylinder einer Nervenfaser über, die andere, mehrfach vorhandene, Protoplasmafortsätze genannte Art, sahen Deiters und nach ihm Andere nicht mit Nervenfasern in deutlicher Verbindung, aber sie konnten sich doch nicht des Eindruckes erwehren, dass sie nervöser Art seien und wahrscheinlich zur Verbindung der Ganglienzellen unter einander dienen möchten. Beobachtungen von Gerlach[2] scheinen diese Vermuthungen zu bestätigen. Unter geschickter Anwendung des Goldchloridkalis und des Carminammoniaks fand dieser Anatom, dass die Protoplasmafortsätze eines jeden Ganglienkörpers sich in ein ungemein reiches Netz von feinen Nervenfasern auflösen, das seine Lage in der grauen Substanz hat. Die verschiedenen Ganglienkörpern zugehörigen Netze sollen unter sich zusammenhängen. Ob eine jede der zahllosen Ganglienzellen des Rückenmarkes einen Axencylinder

1 Deiters, Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark. 1865.
2 l. c. S. 679.



und in ein Nervennetz ausgehende Protoplasmafortsätze besitzt, bleibt noch zu untersuchen. Gehen wir nun etwas näher auf die Anordnung der Nervenfasern und Ganglienzellen in den verschiedenen Theilen des Rückenmarks und ihren Zusammenhang mit den Nervenwurzeln als die Physiologie besonders interessirende Punkte ein. Obschon die Ganglienzellen in allen Theilen der grauen Substanz in verschiedener Form, Grösse und regelloser Anordnung vorkommen, so sind doch einige constant wiederkehrende Verhältnisse aufgefunden worden. Beim Menschen und den verschiedenen Wirbelthieren weichen dieselben in manchen Punkten von einander ab; es lohnt sich jedoch zur Zeit noch nicht, auf diese Unterschiede einzugehen, da wir denselben mit dem Experimente noch nicht zu folgen vermögen. In dem Hals- und Lendentheil sind grosse, multipolare Ganglienzellen in der Form zweier Säulen angeordnet, welche im grauen Vorderhorn auf der inneren vordern und äusseren hintern Seite gelegen sind. Sie werden häufig als motorische Nervenzellen bezeichnet. An manchen Stellen ist die erstere in zwei zerlegt, so dass auf Querschnitten drei deutlich von einander getrennte Gruppen zu sehen sind. Im Brusttheile treten mehr vereinzelte Nervenkörper an ihre Stelle. Dagegen findet sich hier am vorderen Ende des Hinterhorns, ein wenig rückwärts und nach aussen von der grauen Commissur, eine Säule von etwas kleineren Zellen, als die eben genannten. Sie wird jetzt gewöhnlich als die CLARKE'sche Säule oder STILLING'scher Kern bezeichnet. Die Fasern der weissen Stränge verlaufen zum Theil longitudinal, zum Theil horizontal oder schräg, die der Commissuren meist quer, die der grauen Substanz theils horizontal, theils vertikal, theils so irregulär, dass kaum noch von bestimmten Richtungen die Rede sein kann. Mit den jetzigen Mitteln sind sämmtliche Rückenmarksfasern nur auf kurze Strecken zu verfolgen, ein Mangel, welchen die Physiologie besonders empfindlich fühlt. Doch ist immerhin von dem Bekanntgewordenen Manches für den Physiologen werthvoll. Dies schliesst sich der Hauptsache nach an die mikroskopische Verfolgung der in das Rückenmark ein- und austretenden Nervenwurzeln. Die vorderen Wurzeln der Spinalnerven lassen sich bündelweise in horizontalen, schrägen und bogenförmigen Richtungen zwischen den vertikalen Fasern der weissen Vorderstränge gegen das vordere graue Horn verfolgen. Daselbst gehen sie pinselförmig auseinander, und die klare Erkennung ihres weiteren Verlaufes ist von da an so ausserordentlich erschwert, dass man sehr auf seiner Hut sein muss, nicht auf Grund dunkler Faserzüge eine Beschreibung zu geben, die für Andere einfacher und bestimmter lautet, als sie sich bei der Nach-

untersuchung findet. Die Mehrzahl der Forscher, welche sich längere Zeit und intensiv mit diesem Gegenstand beschäftigt haben, stimmen darin überein, dass die vorderen Wurzeln jedenfalls in der grösseren Mehrzahl ihrer Fasern nach der grauen Substanz vordringen und, nicht etwa ohne diese zu berühren, die gerade aufsteigenden Fasern der vorderen weissen Stränge darstellen. Ueber den weiteren Verlauf der motorischen Wurzelfäden lauten die Angaben nur in Bezug auf einige wenige Punkte übereinstimmend. Im Allgemeinen sagen fast alle Angaben aus, dass sich die gegen die grauen Vorderhörner richtenden Bündel der vorderen Wurzeln nach drei Zugrichtungen hin verfolgen lassen. Die eine geht durch die graue Substanz des Vorderhornes nach der vorderen weissen Commissur und von da in die weissen Vorderstränge der anderen Seite, die zweite führt durch dieselbe graue Substanz und von dort nach den weissen Seitensträngen derselben Seite, eine dritte begibt sich direct nach hinten so tief in die graue Substanz hinein, dass über ihr weiteres Schicksal sich noch nicht mit Bestimmtheit hat entscheiden lassen. Fasern dieses letzten Zuges lässt STILLING in directe Communication mit solchen der hinteren Wurzeln treten. Für die Lehre von den Reflexbewegungen möchte diese Angabe erwünscht sein; da aber dieselbe bis jetzt von keinem zweiten Histologen mit gleicher Bestimmtheit wiederholt worden ist, so darf sie vorerst nur als beachtenswerth, nicht aber als ausgemacht angesehen werden. An jenen beiden ersten Zugrichtungen scheint übrigens noch Einiges aufzuklären zu sein, namentlich ihr Verhalten zu den Nervenzellen und den von GERLACH angegebenen Netzen, welche von den Protoplasmafortsätzen derselben gebildet werden sollen. Man hat zwar mehrfach Nervenröhren der vorderen Wurzeln mit Ganglienzellen im Zusammenhang gesehen, ob das aber mit allen und zwar ausnahmslos mit denen der Vorderhörner der Seite, wo die Wurzeln eintreten, der Fall ist, muss noch in grösserer Ausdehnung sicher gestellt werden. Der Verlauf der von den hinteren Wurzeln abstammenden Nervenröhren ist innerhalb des Marks viel schwieriger zu erforschen, in diese Versicherung stimmen alle Beobachter ein. Indem jene horizontal von aussen nach innen durch die weisse Substanz des Rückenmarks ziehen, trennen sie sich in zwei Züge, von denen der eine lateral, der andere medial durch die Längsfasern der weissen Substanz streicht. Der erstere, in der Regel kleinere Zug zieht hierauf zum Theil bündelweise durch die Substantia gelatinosa und geht in Längsbündel über, die, unter dem Namen der longitudinalen Bündel der Hinterhörner bekannt, sich unmittelbar vor der Substantia gelatinosa finden und

deren weiterer Verlauf noch besser aufzuhellen ist, zum Theil dringt er vor der gelatinösen Substanz in die graue ein und stellt theilweise die Bahnen dar, von denen STILLING einen Zusammenhang mit den vorderen Wurzeln statuiren zu dürfen glaubt. Der grössere mediale Tract zieht in dem Theil des hinteren Stranges, welcher an die gelatinöse Substanz grenzt, bogenförmig auf- oder absteigend, worauf er mehr oder weniger jene Substanz selbst durchziehend in die graue Substanz der Hinterhörner eindringt. Von den hinteren Wurzeln abstammende Fasern der grauen Substanz sieht man nach den Fasern der hinteren grauen Commissur gehen und die Vorstellung erwecken, als fände hier Kreuzung sensibler Fasern der beiderseitigen hinteren Wurzeln statt. Eine einzelne continuirlich von der hinteren Wurzel bis in die hintere graue Commissur ziehende Faser dürfte aber wohl noch Niemand gesehen haben. Die Beziehungen der Nervenröhren der hinteren Wurzeln zu den Gangliengebilden sind noch sehr unvollständig aufgeklärt. Man hat zwar, namentlich im Dorsaltheil des Marks, von dem medialen Faserzug der hinteren Wurzeln Bestandtheile in die CLARKE'schen Säulen eintreten und von diesen Faserzüge nach den Seitensträngen ziehen sehen, aber befriedigend klar ist der Zusammenhang der Nervenfasern mit den Zellen nicht zu erkennen, obschon man beim Anblick hierauf bezüglicher Präparate gern bereit ist, einen solchen anzunehmen. Seit das GERLACH'sche Nervennetz in die Darstellungen des Baues des Rückenmarks eingetreten ist, sind die Angaben über den directen Zusammenhang von Nervenröhren mit einem Axencylinder der Ganglienzelle mit besonderer Kritik aufzunehmen. Auch die über die Verbindungsart der Ganglienzellen unter einander bedürfen einer erneuten Untersuchung. Es werden zwar breite Verbindungsfasern zwischen zwei Ganglienzellen von einzelnen Forschern statuirt, häufig scheinen sie aber auf keinen Fall zu sein, da sonst die Angaben darüber häufiger und positiver lauten müssten.

Im verlängerten Mark und Gehirn werden die anatomischen Verhältnisse ausserordentlich verwickelt und da zugleich hier eine Fülle neuer Functionen von nicht geringer Complication auftritt, so ist die Verknüpfung der einzelnen, keine grossen Strecken umfassenden anatomischen Bilder unter sich sehr erschwert. Vorsichtige Forscher, welche sich auf den rein histologischen Standpunkt stellen, sind daher in der Ausdeutung des Gesehenen auch in hohem Grade zaghaft und ertheilen einem grossen Theil ihrer Aussagen einen hypothetischen Charakter. Verknüpft man mit den anatomischen Wahrnehmungen physiologische und pathologische Erfahrungen, dann kann

man gewissen Annahmen über die Bedeutung anatomischer Bilder eine grössere oder geringere Wahrscheinlichkeit verleihen und auf diese Weise ein leidliches Bild vom Bau des Gehirns entwerfen, welches trotz vielfacher fictiver Elemente, die es nothwendiger Weise enthalten muss, keinen üblen Eindruck macht. Gegen solche Versuche ist, wenn man sich ihres wahren Werthes bewusst bleibt, Nichts einzuwenden; sie geben Veranlassung zur weiteren Prüfung und Forschung. Um eine solche Uebersicht über den Gehirnbau zu geben, muss aber die Bekanntschaft nicht allein derjenigen physiologischen Lehren vorausgesetzt werden, deren Darstellung für dieses Buch mir zugefallen ist, sondern auch derer, welche sich auf die Leistungen der Hirnrinde und der Sinnesorgane beziehen, und ist daher die Auseinandersetzung der bisherigen Versuche über diesen Gegenstand an einer anderen Stelle vorzunehmen. Zur Zeit haben sich um die Betrachtung des Hirnbaues in der angedeuteten Beziehung LUYS, MEYNERT, HUGUENIN und GUDDEN verdient gemacht. Wer ohne die Originale dieser Autoren bis in ihre Details durchzustudiren, von ihren Leistungen Kenntniss nehmen will, ist auf einen sehr nützlichen Artikel von PAUL BERGER[1] zu verweisen, wo er auch die hierhergehörige Literatur verzeichnet findet. Dies der Grund für die beschränkte Auswahl der wenigen folgenden Sätze: 1. In den verschiedenen Hirntheilen tritt unverhältnissmässig mehr graue Substanz auf, als man sie im Rückenmarke trifft. Ausser den aus der descriptiven Anatomie her bekannten, mit unbewaffnetem Auge sichtbaren, möchten an mikroskopischen Bildungen dieser Art die folgenden hervorzuheben sein. Im unteren Theile des verlängerten Marks in der Höhe der Pyramidenkreuzung tritt im hinteren medialen Theile des Seitenstranges graue Substanz, unter dem Namen des Kernes dieses Stranges auf, welche von vielen Nervenfasern durchzogen wird. Der hinterste Theil des Hinterhorns nimmt daselbst eine stärkere Entwicklung und mehr seitliche Stellung an. Im Funiculus gracilis und etwas weiter aufwärts auch im Funiculus cuneatus tritt ebenwohl neue graue Substanz auf, welche als Kerne beider Stränge beschrieben werden. Unmittelbar hinter der Oeffnung des Centralkanals in die Rautengrube sind diese grauen Nester gleichfalls noch zu sehen, aber die frühere, grössere zusammenhängende Masse der grauen Substanz ist jetzt nur noch in nächster Nähe um den Centralkanal zu beobachten,

---

1 PAUL BERGER, Distribution et parcours des différents ordres de fibres qui entrent dans la composition de l'axe cérébro-spinal, d'après quelques travaux modernes. Archives de physiologie etc. publiées par M. M. BROWN-SÉQUARD, CHARCOT, VULPIAN. 2. série. I. p. 383. 1874.



wo sie auf jeder Seite vor und seitlich nach hinten zwei Häufchen von Ganglienzellen zeigt, die resp. als Hypoglossus- und Accessoriuskern STILLING's bekannt sind. Neben den Oliven finden sich nach vorn und aussen die Olivennebenkerne und es treten in den Pyramiden noch die sogenannten Pyramidenkerne, gewöhnlich drei an der Zahl, auf. In der Gegend der Rautengrube findet sich graue Masse auf ihrem Boden. Diese ist besonders bedeutungsvoll durch ihren Zusammenhang mit den meisten Hirnnerven geworden. Die Kerne der Seitenstränge zerfallen nach oben in mehre Abtheilungen. In der Höhe des macroscopischen Ursprungs des Facialis und Acusticus findet sich die bei Thieren stärkere, beim Menschen schwächere obere Olive. Zwischen den Faserlagen der Brücke sind Ganglienkörper in unregelmässiger Weise eingestreut. Im Cerebellum begegnen wir der grauen Substanz ausser an der Oberfläche im Dache des vierten Ventrikels, Dachkern, ferner im Innern auf der centralen Bahn der Processus cerebelli ad corpora quadrigemina, Pfropf, dann unterhalb dieses, von demselben durch weisse Fasermasse gesondert, Kugelkern, und im Innern des weissen Marks als Corpus dentatum.[1] Die graue Lage an der Oberfläche besteht aus der tieferen rostfarbenen und der äusseren eigentlich grauen Schicht. Die erstere besteht aus Nervenfasern und Körnern. Die letzteren sehen einige Histologen, z. B. KÖLLIKER, als unter einander zusammenhängend und als zu dem das Reticulum des Cerebellum darstellenden Theil der Bindesubstanz an, andere, z. B. GERLACH, zählen sie zu den Nervenelementen und lassen damit die aus dem weissen Mark kommenden und gegen die eigentliche graue Lage ziehenden Nervenfasern in Verbindung treten. Die oberflächliche Schicht besteht in ihrer tiefen Lage aus Nervenfasern und grossen multipolaren Zellen, in ihrer äussersten aus kernhaltiger Bindesubstanz, kleinen Nervenzellen und Ausläufern der grossen Nervenzellen. Von den grossen multipolaren Nervenzellen der tiefern Schicht ist stets ein ungetheilter, dünner Fortsatz nach der rostfarbenen Schicht, die getheilten Fortsätze dagegen nach aussen gerichtet. 2. Die Erfahrungen über den Zusammenhang der Nervenfasern mit Ganglienzellen übertreffen mit Sicherheit wohl nicht die in Bezug auf das Rückenmark gekannten Erfahrungen. Es ist wahr, dass man bei sämmtlichen Hirnnerven die intracerebralen Stücke die Fasermassen oft sehr deutlich durchbrechen und den unter dem Namen der STILLING'schen Nervenkerne bekannten Ganglienzellen zueilen sieht, was die Vermuthung bekräftigt,

1 STILLING, Neue Untersuchungen über den Bau des kleinen Gehirns. Cassel 1878. S. 181 ff.

dass alle peripherischen Nervenfasern unweit ihres Eintritts in Gehirn und Rückenmark mit Ganglienzellen in Verbindung treten; aber die wirklich gut gesehenen Zusammenhänge von Axencylindern der multipolaren Ganglienzellen mit peripherischen Nervenfasern sind kaum zahlreicher als beim Rückenmark zu nennen. Was die anderweitigen Zusammenhänge der Ausläufer der Zellen der Nervenkerne unter sich und mit anderen Hirntheilen anlangt, so reicht auch hier die jetzige Einsicht nicht weiter. Jene Nervenkerne Ursprünge der von ihnen ausgehenden Nerven zu nennen, ist ein Ausdruck, den man ohne weitere Verständigung sparsamer als bisher anwenden sollte. da deren physiologische Bedeutung keineswegs klar ist. Für die meisten steht fest, dass gewisse, in den bezüglichen Hirnnerven verlaufende Innervationsvorgänge anderswo, als in jenen Kernen entstehen und es kann ebenso gut sein, dass die Ganglienkörper darin dazu bestimmt sind, nur geeignete Punkte darzustellen, um von verschiedenen Richtungen her Innervationen zu empfangen, als dass man annimmt, es entstünden in ihnen gewisse Innervationen primär. Für manche Zellenhaufen mag der erwähnte Ausdruck dereinst sich gerechtfertigt erweisen, gegenwärtig aber kann man ihn noch nicht genügend begründen. Die Beschreibung der topographischen Lage jener Nervenkerne, insofern sich hieran physiologische Erfahrungen knüpfen, fällt der speciellen Physiologie der Gehirnnerven anheim. 3. Ueber die Faserungsverhältnisse als Grundlagen für die Topographie der Innervationswege gibt zwar die mikroskopische Untersuchung auf grosse Strecken keinen sichern Aufschluss. Man muss aber auf der andern Seite jede hierauf bezügliche Wahrnehmung, sei sie auch so klein, dürftig und vereinzelt, beachten und suchen, sie in Verbindung mit physiologischen Erfahrungen zu bringen. Bei der kärglichen Auswahl, die ich in den folgenden Sätzen getroffen, wolle man bedenken, dass ich alles Phantastische und auf unbedeutende Erfahrungen hin Gemuthmasste ausgeschlossen habe. Man wolle indess daraus nicht schliessen, dass ich mit Geringschätzung auf die histologischen Arbeiten über das Gehirn herabsähe. Ich weiss recht gut einerseits die Schwierigkeiten zu würdigen, welche sich hier der Erkenntniss entgegenstellen, und den Fleiss zu schätzen, welcher auf die bezüglichen Untersuchungen bereits verwendet worden ist, andrerseits auch die Nüchternheit und Ruhe zu achten, mit welcher die bedeutendsten Forscher das Gesehene interpretiren. Ich verkenne auch den Werth der Winke nicht, welche in den bisherigen Resultaten der histologischen Forschung für die Experimentalphysiologie liegen. Hier aber sehe ich es als meine Aufgabe an, nur Dasjenige

aus dem sicheren Erwerb der microscopischen Untersuchung herauszuheben, was sich mit gut beobachteten Thatsachen der Physiologie in einen verständigen, naturgemässen und nicht erkünstelten Zusammenhang bringen lässt. Ein erster hierher gehöriger Punkt betrifft den Bau der Pyramiden und ihre Kreuzung. Die Pyramidenkreuzung wurde zuerst von MISTICHELLI[1] beschrieben und von PETIT[2] zum ersten Male zur Erläuterung der Kreuzung der motorischen Innervationswege herangezogen. Nach den Untersuchungen von STILLING und CLARKE, welche der Hauptsache nach durch spätere Forscher bestätigt worden sind, enthalten zwar die vorderen Pyramiden sich nicht kreuzende Bestandtheile der vorderen Rückenmarksstränge, aber die grössere Menge ihrer sich kreuzenden Fasern stammt von den weissen Seiten- und Hintersträngen, sowie von der hinteren Abtheilung der grauen Substanz. DEITERS hat später die sich kreuzenden Fasern sämmtlich als solche aufgefasst, welche mit Ganglienzellen zusammenhängen, namentlich denen, welche in der Medulla oblongata in der Form der Kerne der Seiten- und Hinterstränge auftreten. Diese Meinung ist indess noch weiter zu prüfen. MEYNERT[3] unterscheidet eine untere motorische und obere sensitive Pyramidenkreuzung. In der ersteren sollen die sich kreuzenden Fasermassen von den Vordersträngen, in der letzteren von den Hintersträngen stammen. Wo jener die ausreichende Begründung dieser Unterscheidung gegeben hat, habe ich in dessen Schriften noch nicht aufgefunden. Daraus, dass man auf Querschnitten durch die Pyramidenkreuzung Faserzüge zu sehen bekommt, welche nach den Hintersträngen ziehen, kann er wohl keinen Grund für die Aufstellung einer sensiblen Kreuzung entnommen haben. Wie, wenn es nun nach DEITERS wahr wäre, dass jene Fasern zu den Ganglienzellen führten, die in dieser Gegend bereits im hintern Strang sichtbar werden, und dem vasomotorischen Systeme angehörten. Ein zweiter physiologisch noch wenig verwertheter Punkt bezieht sich auf die übrigen Faserungsverhältnisse im verlängerten Mark. Dicht oberhalb der vollendeten Pyramidenkreuzung ist die geringe Menge longitudinaler Fasern bemerkenswerth; sie beschränkt sich auf die vorderen Pyramiden, Reste der Seitenstränge und Bündel der Cuneati und Graciles. Dagegen sind sehr viele horizontal bogenförmig verlaufende Fasern sichtbar, die vorzugsweise von den verschiedenen grauen Kernen

---

1 DOMENICO MISTICHELLI, Trattato dell' Apoplessia. cap. IV. p. 13. 1709.

2 Lettres d'un médecin à des hopitaux du roi à un autre médecin de ses amis. p. 10. 11. Namur 1710.

3 MEYNERT, Vom Gehirn der Säugethiere. STRICKER's Handb. etc. II. S. 804. 1872.

kommen und sich zu der Rhaphe des verlängerten Marks begeben. Weiter nach oben nehmen die Pyramiden durch longitudinale Fasern an Dicke zu. Dieselben mögen theils Fortsetzung der vorhergenannten horizontalen Fasern, theils von den Pyramidenkernen ausgehende sein. Von dem weiteren Verhalten der Fasern des verlängerten Marks in der Brücke, den Grosshirnstielen u. s. w. giebt das Microscop allein nicht sehr weit reichende Aufschlüsse. Nur die Thatsache mag noch erwähnt werden, dass ein Theil der Fasern der Hirnstiele, wie es scheint, ohne die grossen Gehirnganglien zu berühren, bis zu der Hirnrinde vordringt, während ein anderer in das Corpus striatum und den Sehhügel eindringt und sich höchst wahrscheinlich mit den Ganglienzellen derselben in Verbindung setzt. Gerade für die Erforschung des Faserlaufs in dieser Gegend hat sich die vorher erwähnte Verknüpfung physiologischer und microscopischer Erfahrung lehrreich erwiesen. Die Faserungsverhältnisse des kleinen Gehirns sind sehr ausführlich und genau von Stilling [1] untersucht. Die Physiologie aber hat zur Zeit noch zu sehr mit der Erforschung der physiologischen Grundbedeutung dieses Hirntheils zu thun, dass sie die Resultate der Arbeit Stilling's im Einzelnen bis jetzt noch nicht in Beziehung zu ihren Fragen gesetzt hat. Ein letzter für die Hirnphysiologie wichtiger Punkt bezieht sich auf die intracerebralen Kreuzungen der Hirnnerven. Da dies besser in der speciellen Physiologie der Nerven dargestellt wird, so beschränke ich mich darauf, nur anzumerken, dass die Kreuzungen der beiderseitigen analogen Hirnnerven meist vor ihrem Eintritt in die centralen Nervenzellen stattfinden und dass die bezüglichen Verhältnisse mehr oder minder klar beim Trochlearis, Trigeminus, Facialis, Glossopharyngeus, Hypoglossus und Accessorius beobachtet worden sind. Doch sind in neuerer Zeit über den Ort der Kreuzung der Gehirnnerven Angaben bekannt geworden, welche die bisherige Vorstellung unsicher machen. Man vergleiche hierüber die im letzten Capitel abgehandelten Kreuzungen der Innervationswege im Gehirn.

Bezüglich der Blutgefässe, deren macroscopisches Verhalten hier vorausgesetzt werden kann, mag nur bemerkt werden, dass die graue Substanz überall viel mehr Blutgefässe als die weisse führt. Die Besichtigung des ersten besten Querschnittes durch ein injicirtes Rückenmark oder ein Hirnganglion, insbesondere das Corpus striatum, lässt dies sofort erkennen. Da, wo Zellengruppen liegen, wie an

1 B. Stilling, Untersuchungen über den Bau des kleinen Gehirns des Menschen. 1. u. 2. Heft. Cassel 1865. S. 67 und: Neue Untersuchungen über den Bau des kleinen Gehirns. Cassel 1878.



verschiedenen Stellen der grauen Substanz des Rückenmarks, sind die Maschen des Capillarnetzes besonders eng. Wenn auch in den weissen Strängen die Blutgefässe weniger zahlreich sind, so finden sich doch Unterschiede in den verschiedenen Theilen; die Hinterstränge, insbesondere die Keilstränge, sind gefässreicher, als die weissen Vorderstränge. Da, wo die graue Masse Schichtung zeigt, wie am kleinen Gehirn, ist auch die Entwicklung des Capillarnetzes in den verschiedenen Schichten eine andere. Für die Säftebewegung in den Centraltheilen des Nervensystems scheinen die um die Blutgefässe derselben herum vorkommenden, von HIS perivasculäre Räume genannten Hohlräume bedeutungsvoll zu werden. Die Aussagen verschiedener Histologen über diesen Punkt lauten noch nicht ganz übereinstimmend. Gemäss der ersten von HIS gegebenen Beschreibung sollten die Gefässe des Gehirns derart von Räumen umhüllt sein, dass diesen eine besondere, eigene, sie gegen die Hirnsubstanz hin abgrenzende Haut fehle. Es sollten ferner dieselben in einen grossen, zwischen Hirnoberfläche und Pia befindlichen Raum, Epicerebralraum, münden, welcher in Zusammenhang mit den in der Pia verlaufenden Lymphgefässen stehe. Am Rückenmark sollten die Verhältnisse analog sein, nur mit dem Unterschiede, dass sich die Lymphgefässe nicht von dem epimedullären Raume füllen liessen. Ueber das Vorkommen solcher Räume um die Blutgefässe der Centraltheile des Nervensystems überhaupt ist kaum ein Zweifel ausgesprochen worden, wohl aber über ihre genauere Lage und ihren weiteren Zusammenhang. Ohne die über diesen Gegenstand gethanen Aeusserungen im Einzelnen zu verfolgen, was Diejenigen, welche das Bedürfniss hiernach empfinden, an der Hand der nebenbei bezeichneten Schrift[1] leicht thun können, bemerke ich Folgendes: Ein grosser epicerebraler und epimedullarer Raum wird von mehren Seiten in Abrede gestellt. Ebenso lässt man die perivasculären Räume nicht unmittelbar an die Neuroglia der Rückenmarkssubstanz stossen, sondern gegen diese durch eine Haut abgegrenzt sein, die bald als structurlos, bald als aus endothelialen Zellen bestehend geschildert und bald einfach als Tunica adventitia der Gefässe, bald als eine trichterförmige Fortsetzung der Pia betitelt wird. KEY und RETZIUS, welche die letztere Meinung vertreten, geben an, diese Räume durch Injection von den subarachnoidalen Spatien des Gehirns und Rückenmarks direct ohne Dazwischenkunft eines epicerebralen oder epimedullaren Raumes bei schwachem Druck injicirt zu haben.

1 A. KEY und G. RETZIUS, Studien in der Anatomie des Nervensystems und des Bindegewebes. Erste Hälfte. S. 148 ff. Stockholm 1875.

ERSTES CAPITEL.

Allgemeine Physiologie der Ganglienzelle.

Wenn man die Frage aufwirft, welche Formelemente des Gehirns und Rückenmarks sich bei deren Thätigkeiten betheiligen und in welcher Weise, so können wir darauf nur eine sehr unbefriedigende Antwort geben. Wir wissen zwar bestimmt, dass die Nervenfasern irgendwo und irgendwie erregte Innervationsvorgänge fortpflanzen, aber in welchen Theilen diese mit ihren verschiedenen Eigenthümlichkeiten entstehen und welche Vorstellung wir uns von der Art ihrer Entstehung machen müssen, darüber liegt zur Zeit noch viel Dunkel. Seit der Entdeckung der Ganglienzellen sind wir gewöhnt, diesen alle diejenigen Thätigkeiten zuzuschreiben, welche wir aus den uns bekannten Leistungen der Nervenröhren nicht begreifen können. Diese Gewohnheit hat bereits eine solche Macht über uns bekommen, dass wir kaum noch darnach fragen, wie fest der Grund unseres Verfahrens ist, und wir sind ausserordentlich froh, eine solche Zuflucht zu haben. Man kann im Vertrauen auf diese vielseitige Leistungsfähigkeit der Ganglienzellen die physiologischen Eigenthümlichkeiten, welche wir an Nerventheilen beobachten, in denen jene besonders zahlreich vorkommen, diesen microscopischen Theilen zuschreiben und durch Zusammenstellung der bekannten Erfahrungen eine Art Lehre der Ganglienzelle entwerfen. Obschon dies nur in allgemeine Formen gekleidete Abstractionen von ganz speciellen Erfahrungen sind, deren Mittheilung später doch gegeben werden muss, so mag es immerhin von einigem Nutzen sein, einen derartigen Versuch zu machen. Er führt uns die verschiedenartigen der Ganglienzelle zuertheilten Leistungsfähigkeiten übersichtlich vor Augen und giebt Gelegenheit zu mancherlei nützlichen Bemerkungen.

Wir sehen uns zuerst nach den Gründen und dem Gewicht ihrer Beweisfähigkeit um, auf welche hin wir der Ganglienzelle die erwähnte, wichtige Bedeutung beilegen. Die überzeugendsten würden in der Darlegung von Erfahrungen bestehen, welche nachwiesen, entweder dass irgend eine Erscheinung mit der alleinigen Wegnahme einer Ganglienzelle, oder eines Nerventheils, der ohne Zweifel keine anderen Elemente als Nervenkörper enthält, verschwindet, oder dass irgend eine Einwirkung auf eine Nervenbahn mit reinen, interponirten Ganglienzellen diesseits und jenseits derselben nach einer und der-

selben Richtung hin verschiedene Effecte hervorbringt. Eine methodisch ausgeführte Untersuchung, die es sich zur Aufgabe gemacht hätte, solche Erfahrungen aufzusuchen, zu sammeln und kritisch im Interesse der Bedeutung der Ganglienzelle zu würdigen, existirt in der Nervenphysiologie nicht. Dagegen pflegt diese, jedoch mehr gelegentlich, auf folgende Wahrnehmung aufmerksam zu machen. Man weist auf die Bewegungen der wirbellosen Thiere hin, deren Nervensystem ausser den Nerven nur aus Ganglien bestehe. Ich kenne aber keinen, bisher wirklich ausgeführten Versuch an einem solchen Ganglion, welcher den obigen Anforderungen entspräche; ich gebe zu, dass die Wahrscheinlichkeit dafür spricht, es werde ein Versuch sich so gestalten, wie wir uns ihn gewöhnlich vorstellen und auf das Papier schematisch hinzeichnen, aber ich wünsche den Versuch zuvor ausgeführt und das reine Bestehen der Ganglien aus Nervenkörpern und Nervenfasern hergestellt zu sehen. Ich kenne zwar die neueren Versuche von ROMANES, darin bestehend, dass gezeigt wird, wie das Ausschneiden des äussersten Randes des Nectocalyx der Medusen in jenem die Bewegung bestehen lässt, in dem ganzen Rest des Nectocalyx dagegen aufhebt und wie ein einziger Augenfleck mit einem Stückchen contractilen Gewebes ausgeschnitten dem letzteren noch Bewegung einprägt. Es treten aber in diesen allerdings schönen und den bekannten Herzbewegungen sich anschliessenden Wahrnehmungen die Eigenschaften der Ganglien nicht befriedigend gegenüber denen der contractilen Substanz wegen Mangels räumlicher Sonderung hervor.[1] In ähnlicher Weise berufen wir uns darauf, dass bei den Wirbelthieren gewisse Bewegungen, wie etwa die Athembewegung nach der Zerstörung beschränkter Stellen ganglienreicher, grauer Nervensubstanz fortfallen, aber der skeptische Histologe wird nicht die Behauptung als erwiesen ansehen, dass in Gehirn und Rückenmark die nervösen Elemente nur in der Form von Nervenfasern und Ganglienzellen vorkommen. Ueber die fast überall im Gehirn und Rückenmark auftretende feinkörnige, oder im frischen Zustand selbst dies nicht einmal, Substanz, die Zellen- und Körnerformationen, welche man in den peripherischen Ganglien und in der Nähe der Ganglienkörper des Gehirns und Rückenmarks trifft und welche man heute, wenigstens zum Theil, hypothetisch als Entwickelungsstufen der sich generirenden Nervenelemente ansieht, ist schwerlich das letzte Wort gesprochen. Ausserdem sind wir, wie später gezeigt werden wird, zur Zeit noch nicht im Stande, die Abhängigkeit der erwähnten und

1 J. ROMANES, Preliminary observations on the locomotor system of Medusae. Philosophical transactions of the Roy. Soc. of London. Vol. 166. p. 269.

ähnlicher Bewegungen von wirklichen Ganglienhaufen nachzuweisen. Weiter wird auf die Reflexbewegungen aufmerksam gemacht; man behauptet, zur Erklärung ihrer Entstehung und ihrer mannigfaltigen Eigenschaften besonderer Elemente des Gehirns und Rückenmarks zu bedürfen, welche, wie man sich ausdrückt, die centripetal fortgepflanzte Erregung in eine centrifugal verlaufende umsetzen. Da zufolge der Beobachtung, dass man durch Reizung nur weniger centripetalleitender Fasern Erregungen in sehr vielen motorischen hervorrufen kann, man das Bedürfniss empfand, eben so viele Communicationen zwischen beiden zu kennen, so empfahl es sich, die Ganglienzellen mit ihren vielen Ausläufern einzuschieben. Dadurch allein wurde ihnen indess zunächst keine tiefere Bedeutung bei der Entstehung der Reflexbewegungen zuertheilt. Wegen der weiteren Beobachtung aber, dass oft geringfügige Reize so mächtige, mit der einwirkenden Ursache nicht in Vergleich zu bringende Bewegungserscheinungen zur Folge haben, bedurfte man irgend eines Momentes, durch welches diese Erfahrung begreiflich wurde. Wie man sich dasselbe auch vorstellen mochte, die Annahme schien unerlässlich, dass dasselbe nicht auf der scheinbar homogenen Nervenfaser liegen könne, und somit war die Ganglienzelle das geeignetste Mittel, das Bedürfniss zu befriedigen. Ob aber dieser unter den gedachten Umständen gethane Griff der für die wissenschaftliche Einsicht richtige war, bleibt noch zu beweisen. Es ist eine Frage, ob sich mit der Entdeckung des Netzes, in welches die Protoplasmafortsätze übergehen sollen, unsere Kenntniss von dem Bau des Rückenmarks vollkommen nennen kann, und ob nicht zum Theil schon in diese Netze und in Das, was noch neu zu entdecken ist, die Einrichtungen zu verlegen sind, deren wir zu bedürfen glauben. Selbst diejenigen Erfahrungen, welche sich auf einfachere peripherische Ganglien beziehen, haben zur Zeit wenig oder gar keine Beweiskraft. Hierher zählen die Behauptung BERNARD's von der reflectorischen Bedeutung des Ganglion linguale und die Hemmung der Herzbewegung durch Vagusreizung. Die erstere, zwar von KÜHNE unterstützt, wird von mir und HEIDENHAIN bestritten und kann also vorläufig nicht in Betracht kommen. Behufs der Erläuterung der Wirkung des Vagus auf das Herz sind, wie das in der speciellen Physiologie des Lungenmagennerven darzustellen ist, in letzter Zeit mehre Thatsachen bekannt geworden, die es zum mindesten in Frage stellen, ob es hierbei nothwendig sei, die Herzganglien heranzuziehen. Damit tritt auch die ganze Summe der auf das sogenannte Hemmungsnervensystem bezüglichen Erfahrungen in den Zustand unzureichender Beweisfähigkeit bezüglich der

Bedeutung der Ganglien. Am überzeugendsten scheint die Erfahrung zu sprechen, dass das Blutherz nach Wegnahme all seiner Ganglien nicht mehr spontan schlägt. Man möchte aber wünschen, die Ganglien lägen ausserhalb des Herzens, so dass man bei ihrer Entfernung den Herzmuskel nicht in so ausserordentlichem Maasse zu schädigen brauchte. Ziehen wir neben diesen und ähnlichen Erfahrungen noch Folgendes in Betracht. Nachweislich giebt es Bewegungen im Körper, wie z. B. die Flimmerbewegungen und die der Samenfäden, bei denen wir kein uns bekanntes microscopisches Nervenelement betheiligt sehen. Wir sehen das embryonale Herz zu einer Zeit schlagen und zwar so rhythmisch wie später, wo noch keine Ganglienzelle im gewöhnlichen Sinne in ihm zu entdecken ist. ENGELMANN [1] hat bei seinen Untersuchungen über die Bewegung des Ureters die Ueberzeugung gewonnen, dass diese unabhängig von Ganglienzellen geschieht; er fand die spontane Erregung und Fortpflanzung von Contractionswellen an Ureterenstücken, wo das Microscop schlechterdings keine Ganglienzellen entdecken konnte. Wir kennen ferner mehre macroscopische Ganglien, von denen, trotz darauf gerichteter, im Ganzen leicht ausführbarer und darum des Vertrauens würdiger Versuche, sich keine Einsicht in irgend welche Function hat ergeben wollen. So finden wir keinen Unterschied des Erfolgs der Durchschneidung und Reizung des N. splanchnicus vor und nach seinem Durchtritt der grösseren in der Nähe der Nieren liegenden Ganglien. Es ist das Ganglion mesentericum inferius und sehr grosse Stücke des Gl. mesent. superius ausgeschnitten worden, ohne dass man mit Sicherheit einen Erfolg beobachtet hätte, welcher nicht auf die Verwundung selbst bezogen werden könnte. Der Unterschied, welcher sich in den Ernährungsstörungen des Auges nach der Trigeminusdurchschneidung vor und nach seiner Verbindung mit dem Ganglion Gasseri einstellen sollte, hat sich nicht mit Sicherheit bestätigen lassen, wie denn überhaupt die frühere Lehre von dem Ursprung der Gefässnerven in den Ganglien hat verlassen werden müssen. Diese letzteren Bemerkungen sind nicht darauf angelegt, den Ganglien ihre Bedeutung abzusprechen, sondern einsichtlich helfen zu machen, dass es ein Bedürfniss der Physiologie ist, durch besondere Versuche mehr als es bisher geschehen, dem Werthe der Ganglienzellen nachzuspüren. Ich sage daher, da einerseits jede Kritik bestehende Versuche, bestimmte Functionen der Ganglienzelle darzulegen, fehlen, andrerseits viele Ganglien vorhanden sind, für welche jede

---

1 ENGELMANN, Zur Physiologie des Ureters. Arch. f. d. ges. Physiol. II. S. 243. 1869.

Prüfung auf etwaige Functionen fruchtlos war, so ist es rathsam, sich jeder Zeit zu erinnern, dass die von uns den Ganglienzellen zuertheilten Functionen noch nicht allen Charakter des Hypothetischen verloren haben, und dass es für unsere weiteren physiologischen Untersuchungen nur wohlthätig wirken kann, uns stets zu erinnern, dass wir bei der heutigen, so warmen Pflege des Ganglienkultus der Gefahr, in Götzendienst zu verfallen, noch nicht mit Sicherheit entrückt sind. Wir müssen um so vorsichtiger sein, als die rein microscopische Entscheidung, ob ein Gebilde eine Ganglienzelle sei, unsicher ist und die Versuche möglicher Weise darthun können, dass die Formen, welche wir heute Ganglienzellen nennen, von sehr ungleichem Werthe sind. Nehmen wir aber, zu Folge der vielseitigen Erfahrung, dass in allen Nerventheilen, an denen wir Wirkungen wahrnehmen, die wir aus den uns bekannten Eigenschaften der Nervenröhren nicht zu verstehen vermögen, viele Ganglienzellen gefunden werden, und dass solche Theile mit verhältnissmässig vielen Blutcapillaren durchzogen sind, an, dass die besondere Wirkungsweise jener von diesen abhänge, so kann man, wie vorher erwähnt wurde, aus dem Inhalte der speciellen Nervenphysiologie die verschiedenartige Wirkungsweise ganglienzellenhaltiger Nerventheile übersichtlich zusammenstellen, Reflexionen daran knüpfen und sich die Erlaubniss nehmen, zu sagen, jene stelle die Thätigkeit der Ganglienzelle und ihre Darstellung die Lehre von der Ganglienzelle dar.

Die nach dieser Verständigung von den Ganglienzellen ausgeübten Thätigkeiten treten nun in folgenden einzelnen Formen auf. Zuerst sehen wir gewisse Contractionen musculöser Gebilde durch dieselben so besorgt, dass jene mit grösseren oder geringeren im Ganzen aber unregelmässigen Schwankungen längere Zeit andauern und zwar bedarf es dazu keiner äusseren, absichtlich von uns eingeführten Anregung, was indess nicht ausschliesst, weder, dass eine solche von uns unbemerkt besteht, noch dass man durch eine solche jene Zusammenziehungen nach irgend einer Beziehung abändern könne — automatisch-tonische Wirkungen der Ganglienzellen. Von der Entstehung dieser Wirkungsart haben wir noch keine klare Vorstellung. Wir kennen weder die Natur dieser Kräfte, noch die stofflichen Veränderungen, bei denen sie frei werden. An diese schliessen sich die automatisch-rhythmischen Ganglienwirkungen an, bei denen Muskelzusammenziehungen in nahezu gleichen Zeiten in nahezu derselben Weise wiederkehren, wie z. B. bei den Athem- und Herzbewegungen. Auch hier stehen wir bei dem Versuche die Bewegungsursache zu zergliedern vor demselben Dunkel. Etwa darauf hinzu-

weisen, dass sich die regelmässig wiederkehrenden Bewegungen aus der Annahme erläutern, dass stetig frei werdenden Kräften Hindernisse entgegenstehen, zu deren Ueberwindung die ersteren erst jedesmal eine gewisse Tension erlangt haben müssen, bis effective Bewegung eintritt, um hierauf von neuem sich anzusammeln, ist nur für Solche berechnet, welche sich nicht oft mit physischen Erscheinungen und ihren Zergliederungen beschäftigen, nicht mit den verschiedenen Arten, wie man stetig wirkende Kräfte in periodische Bewegungen verwandeln kann, bekannt sind. Solche Bemerkungen führen uns nicht tiefer in das hier vorliegende Geheimniss ein. Als eine dritte Wirkungsart der Ganglienzelle nehmen wir die reflectorische an, bei der die Thätigkeit derselben erst durch einen Innervationsvorgang, welcher zu ihr hin sich fortpflanzt, geweckt wird und sich in der Anregung eines Innervationsvorgangs in einer anderen mit ihr zusammenhängenden Faser und mit einer bestimmten Thätigkeit in dem zu diesem gehörigen Gewebstheil offenbart. Nichts ist weder von der Natur der dabei auftretenden Kräfte, noch von den damit verknüpften stofflichen Veränderungen in den Ganglienzellen bekannt. Wir kennen zwar eine Anzahl von Einwirkungen, wie z. B. Temperatur, geänderte Zusammensetzung des Blutes etc., welche die normalen Reflexbewegungen und, wie nachträglich noch bemerkt werden mag, auch die normalen automatisch-tonischen und automatisch rhythmischen Thätigkeiten mannigfach abändern und können gemäss der vorher gemachten Bemerkung dies als Eigenthümlichkeiten der Ganglienzellen ansehen, aber es ist bis jetzt noch nicht möglich gewesen, aus diesen Erfahrungen etwas Nennenswerthes über die inneren Vorgänge in der Ganglienzelle abzuleiten. Endlich ist es auch bereits Mode geworden, alle diejenigen Erscheinungen, welche wir im gewöhnlichen Leben als seelische Thätigkeiten bezeichnen, durch die Ganglienzellen vermittelt auszugeben. Die nüchternsten Physiologen sind hierin kaum weiter gegangen, als dass sie nur vorübergehend an diese Möglichkeit gedacht haben; es kann, sagen sie, so sein, es kann aber auch anders sein. Wer es liebt, von Ganglienzellen verschiedenen psychischen Werthes, von höherer oder niederer Dignität derselben zu sprechen und glauben machen will, er habe die Entstehung des psychischen Lebens verstanden, mag sich solch unschuldiger, jedoch unwissenschaftlicher Beschäftigung immerhin hingeben. Wir kennen zwar grössere Hirntheile, mit deren Entfernung gewisse Seiten des Seelenlebens vernichtet werden, aber damit ist weder bewiesen, dass diese allein durch jene entstehen, sondern nur, dass sie bei ihrer Anwesenheit hervorgebracht werden, noch ist

damit dargethan, dass wenn in dem abgetragenen Theil sich recht viele Ganglienzellen finden, diese die Seelenbildner waren. Es fehlt jeder überzeugende Beweis für die Behauptung, dass die psychischen Thätigkeiten in den Ganglienzellen entstehen und da der Physiologe nicht aperçus für wissenschaftliche Wahrheit nimmt, so gesteht er lieber ein, über den fraglichen Punkt noch nicht unterrichtet zu sein, als dass er seiner Phantasie die Zügel schiessen lässt.

Ausser den angegebenen Thätigkeiten, welche wir uns durch die Ganglienzelle hervorgebracht denken, sind noch einige andere Eigenschaften des Rückenmarks und Gehirns bekannt geworden, von denen wir geneigt sind, sie gleichfalls auf deren Gehalt an Ganglienzellen zu beziehen. Hierher gehört einmal die Angabe, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von ausserhalb der Centraltheile erregten Innervationsvorgängen während ihrer Bewegung durch jene merkbar verzögert wird. Die quantitative Seite dieser Erfahrung wird weiter unten zur Besprechung kommen. Man kann für die erwähnte Ansicht eine besondere Stütze in der Angabe von Wundt[1] finden, dass die Leitung in den hinteren Wurzeln während ihres Zuges durch die Spinalganglien hin ebenfalls verzögert werde, also an einem Orte, wo wegen des einfacheren Baues der Nerventheile weniger leicht der Verdacht auf die Dazwischenkunft von noch unbekannten Structurverhältnissen aufkommen kann. Beim Gehirn und Rückenmark sind indess die Verhältnisse nicht so einfach. Manche der hierher gehörigen Versuche, nämlich diejenigen, bei welchen gemessene Längen des in gerader Linie verlaufenden Rückenmarks in Rechnung kommen, sind nicht sehr überzeugend, weil die wirklichen Längen der Innervationswege davon augenscheinlich verschieden sind und sogar sehr wesentlich davon differiren werden, wenn sich Gerlach's Beobachtung eines von den Ausläufern der Ganglienzellen gebildeten Nervenfasernetzes bestätigen sollte, wie es bereits den Anschein hat. Bei einem anderen Theil dagegen, wie diejenigen, in welchen es sich um die bei der Reflexbewegung nöthige Uebertragungszeit handelt, sind allerdings die Zeiten so gross und bewegen sich die Innervationsvorgänge durch so kleine Rückenmarksstücke, dass die Länge der Zeit kaum allein auf die geringen Umwege der Nervenfasern im Mark bezogen werden kann, so dass man hier noch ein besonderes Glied voraussetzen muss, durch welches die Verzögerung bewirkt wird. Dass dies aber in den Ganglien und zwar in diesen allein zu suchen ist, ist nur eine unbewiesene Annahme. Es ist allerdings noch

---

1 Wundt, Untersuchungen zur Mechanik der Nervencentren. II. Abth.

die mitgetheilte Angabe WUNDT's übrig. Man könnte wohl hier von den wenigen Schlängelungen der Nervenfasern innerhalb der Ganglien absehen, aber die Annahme, dass die Ganglienzellen die Verzögerung hervorrufen, wird durch die Behauptung erfahrener Histologen [1] erschwert, dass die Nervenfasern der sensiblen Wurzeln in gar keinen Zusammenhang mit den Ganglienzellen treten, sondern diese als neue Faserursprünge anzusehen sind und von rein apponirten Ganglienzellen noch gar keine Wirkung bekannt ist. Wichtiger sind die Erfahrungen über gewisse Eigenthümlichkeiten, welche die vom Rückenmark aus erzeugten Muskelzusammenziehungen, verglichen mit denen durch directe Erregung der motorischen Nerven erzeugten, aufweisen. Den ersteren ist nämlich eine gewisse Trägheit gegenüber den letzteren eigenthümlich. Es zeigt sich diese einmal darin, dass die auf electrischem Wege erzeugte einzelne Reflexzuckung mehr in die Länge gezogen ist, als die durch directe Reizung der Muskelnerven erzeugte [2], sodann aber in der Abänderung der Schwingungszahl des Muskeltons bei electrischer Tetanisirung des Rückenmarks. Auch hiervon wird weiter unten eingehend die Rede sein. Hier werde nur bemerkt, dass beim künstlichen Tetanisiren der Muskelnerven durch Inductionsvorrichtungen der dabei der Muskelcontraction zukommende Ton eine von der Anzahl der Inductionsstösse abhängige, mit dieser übereinstimmende Schwingungszahl besitzt, während den Muskeltönen, welche wir durch Tetanisirung des Rückenmarks oder den Willen hervorrufen, stets die Schwingungszahl c. 19 in der Secunde zukommt. Es müssen also, so schliesst man, in den Centraltheilen Apparate vorhanden sein, welche die Wirkungen der künstlichen Reize abändern. Da die Ganglienzellen bereits so vieles auf sich genommen haben, so wird es ihnen nicht schwer sein, auch diese neue Zumuthung zu übernehmen. Ich breche hier mit den allgemeinen Betrachtungen über die Functionen der Ganglienzellen ab. Man sieht, dass des überzeugend Thatsächlichen bezüglich ihrer Leistungen ausserordentlich Wenig, des Hypothetischen aber kein Ende ist.

Indem wir uns nun dem speciellen Theil der Physiologie des Gehirns und Rückenmarks innerhalb der mir zugewiesenen Grenzen zuwenden, werde bemerkt, dass es sich in erster Linie um die Darstellung des gegenwärtigen Standes dieser Lehre bezüglich des Thatsächlichen in der Art handeln soll, dass die gut ausgemittelten, von den meisten Physiologen mit Vertrauen belegten Thatsachen dem

---

1 KÖLLIKER, Handb. der Gewebelehre des Menschen. 5. Aufl. S. 317. 1867.
2 WUNDT, Untersuchungen zur Mechanik der Nerven etc. II. Abth. 1876.

minder Feststehenden und Hypothetischen klar gegenübergestellt werden sollen. Dabei halte ich es für nützlicher, überall die bestehenden Mängel rücksichtslos aufzudecken, als durch Verschweigung von Unsicherheiten eine Art bestechender Zufriedenheit zu erwecken. Ich rede nicht von den Thätigkeiten des Gehirns und Rückenmarks je im Besonderen. Für gewisse Gruppen derselben zeigen sich keine erheblichen Unterschiede, ob ihre Ursachen in dem einen oder anderen Theile zu suchen sind. Andere sind zwar in erster Linie dem Gehirn, scheint es, eigenthümlich, aber die Frage, inwieweit sich Spuren davon auch beim Rückenmark nachweisen lassen, kann nicht umgangen werden und empfiehlt es sich daher, auch in dieser Beziehung beide Theile zusammen abzuhandeln. Die Classification der Erscheinungen macht einige Schwierigkeiten. Es sind nämlich manche derselben bis jetzt nur so unvollkommen zergliedert, andere kaum mehr als ihrer äusseren Erscheinung nach bekannt, so dass man keine sicheren Anhaltspunkte hat, wo sie einzureihen sind. Da ich bei dem Leserkreis, für welchen unser Buch bestimmt ist, voraussetzen darf, es werde ihm mehr um die Bekanntschaft mit den Thatsachen und die Erwerbung einfacher und klarer Vorstellungen zu thun sein, als um die Frage, wie man eine Thatsache am besten und kürzesten bezeichne und wo man dieselbe einzureihen habe, so macht es mir keine grosse Sorge, wenn in der Anordnung das Eine oder Andere nicht gefällt. Manchem mag die folgende Theilung des Stoffes und die Verknüpfungsweise der Einzelerscheinungen nicht zusagen, macht man's aber anders, so wird der Tadel auch nicht fehlen.

ZWEITES CAPITEL.

Reflectorische Erscheinungen des Gehirns und Rückenmarks.

Der Begriff der reflectorischen Erscheinungen ist jetzt dahin fixirt, dass unter diesen von dem Willen unabhängige Thätigkeiten in dem Bereiche peripherischer Nerven bestimmter physiologischer Function verstanden werden, welche durch primäre Erregung von anderen Nerven dergestalt hervorgerufen werden, dass dabei ein Zwischenglied zu unterstellen und auch bis zu einem gewissen Grade nachzuweisen ist, welches einen anderen Bau und damit auch eine

andere Wirkungsart besitzt, welche wir aus den uns bekannten Eigenschaften peripherischer Nerven nicht ableiten können. Je nach der physiologischen Natur der betheiligten Nervenfasern sind verschiedene Klassen reflectorischer Erscheinungen aufgestellt worden.[1] Für manche derselben lässt sich jedoch nicht genügend nachweisen, dass sie dem eben gegebenen Begriff genau entsprechen. Bekanntlich sind es die Ausdrücke: Reflexbewegung, Reflexempfindung, Mitbewegung und Mitempfindung, mit welchen man die verschiedenen Arten reflectorischer Erscheinungen bezeichnet. Bei den Reflexbewegungen treffen die Reize zuerst irgend eine Fläche, die sich bei Anwesenheit eines normalen Gehirns in der Mehrzahl der Fälle als eine empfindende ausweist. Darauf sehen wir Bewegungen in Muskeln eintreten und stellen uns vor, dass diese Bewegungen zu Stande kommen durch die primitive Erregung von Empfindungs- und die secundäre von Bewegungsnerven. Die Voraussetzung, dass sich hierbei die gewöhnlichen Empfindungsnerven betheiligen, ist bestritten worden, wovon später; einstweilen lassen wir diese Art des Ausdrucks zu. Mit Reflexempfindung bezeichnet man Erscheinungen, die man sich als einfache Reflexe in der Art deutet, dass man dabei annimmt, es übertrage sich eine Erregung motorischer Nerven ohne Zuthun des Willens auf sensitive Bahnen. Als Beispiele führt man unter anderen das Gefühl der Ermüdung nach anhaltender Muskelanstrengung, und das mehrfach beobachtete eigenthümliche Gefühl eingeschlafener Glieder, welches sich nach der Tenotomie Jahre lang verkürzter Muskeln einstellt, an. Auch die Empfindung der Grösse des Widerstandes, welche zu hebende Gewichte hervorrufen, ist hierher gezählt worden. Da aber in die Muskeln sensitive Nerven eindringen, auch mit höchster Wahrscheinlichkeit die Nerven doppelsinnig leiten, so ist anderen, leicht aufzufindenden Erklärungsweisen Raum gegeben, die nicht mit Sicherheit als unzulässig zurückzuweisen sind. Bei den Mitbewegungen als reflectorischen Erscheinungen nimmt man als betheiligte Faserklassen zwei motorische Nervenbahnen an und zählt dahin Erscheinungen, wie z. B. die Pupillenverengerung bei der Zusammenziehung des Rectus internus, oder die Verzerrung der Gesichtsmuskeln beim Heben schwerer Lasten, oder die Bewegungen, welche Hemiplegische willkürlich nicht ausführen können, sie aber mit anderen Bewegungen

---

1 L. Stromeyer, Ueber Combination motorischer und sensorieller Nerventhätigkeit etc. Göttinger gel. Anzeigen. S. 689. 1836; Valentin, Lehrbuch der Physiologie. 2. Aufl. II. 2. S. 475 ff.; Volkmann, Nervenphysiologie, Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie. II. S. 530; Henle, Rationelle Pathologie. I. S. 204.

mitunter combinirt ausführen. Auch sie sind, gleich den als Reflexempfindungen ausdeutbaren Erscheinungen, mehrfacher Auslegung fähig. Man kann sie auch so ansehen, dass man annimmt, es sei unter gewissen Bedingungen dem ersten Willensanstoss nicht möglich, sich allein auf die beabsichtigte Muskelgruppe zu erstrecken. Für viele unter den Mitbewegungen, insbesondere die, welche man durch Uebung vermeiden lernt, ist diese Erläuterung einfacher. Irre ich nicht, so ist der Ausdruck Mitbewegung oder associirte Bewegung zuerst von JOH. MÜLLER[1], welcher die letztere Deutung bevorzugte, für derartige Erscheinungen gebraucht worden. Endlich hat man noch die Mitempfindungen unterschieden, reflectorische Erscheinungen, bei welchen die betheiligten Faserklassen beide sensitive sind. Es scheint, als ob sich für diese noch am ehesten gute, unbestreitbare Beispiele finden liessen, wenn auch eine scharfe Kritik nicht alle hierher gezählte Wahrnehmungen gelten lässt. Die eigenthümliche Empfindung in der Nase, wenn man versucht, in die Sonne zu schauen, oder die analoge, wenn das Ohr von unangenehmen, kreischenden Tönen afficirt wird, gehören hierher. Es hat kein belehrendes Interesse, auf die drei zuletzt erwähnten Formen der reflectorischen Erscheinungen näher einzugehen, da man sie mit Sicherheit nicht eingehend zergliedern kann. Das in der Physiologie über reflectorische Erscheinungen vorhandene Material bezieht sich in weitaus seinem grösseren Theil auf die Reflexbewegungen.

I. Historische Skizze über die Lehre von den Reflexbewegungen.

Von den Thatsachen, die wir heute in dieses Gebiet ziehen, sind manche schon in früher Zeit bekannt gewesen und haben die Aufmerksamkeit der Aerzte auf sich gezogen; ihre Zergliederung dagegen ist manchem Wechsel unterworfen gewesen. GALEN kannte die durch Schluss und Beleuchtung des Auges erzeugbaren reflectorischen Bewegungen der Pupille; allerdings deutete er sie nicht so aus, wie wir heute dies thun. ACHILLINI[2] kannte bereits die von verschieden intensiver Beleuchtung abhängige, wechselnde Pupillenweite. Die seit alten Zeiten bekannten Sympathien, für welche schon gegen das Ende des 16. und den Anfang des 17. Jahrhunderts die Bedeutung des Nervensystems hervorgehoben wurde, enthalten manche hierher gehörige Erscheinung. Von der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts

1 JOH. MÜLLER, Handbuch der Physiologie des Menschen. 4. Aufl. I. S. 587.
2 MORGAGNI, Advers. anat. I. p. 34.

an werden reflectorische Erscheinungen, insbesondere Reflexbewegungen an Menschen und Thieren, als ohne Betheiligung des Bewusstseins vor sich gehend, durch DESCARTES [1], SWAMMERDAM [2] und WILLIS [3] geschildert und damit eine ihrer wesentlichsten Eigenschaften zum ersten Male hervorgehoben. Zu derselben Zeit lehrten REDI [4] und BOYLE [5] die Reflexbewegungen geköpfter Kaltblüter auf Hautreize kennen, sodass derartige Bewegungen gegen das Ende des 17. Jahrhunderts bereits allgemein bekannte Erscheinungen waren. Obschon DESCARTES und WILLIS für manche dieser unbewusst vor sich gehenden Thätigkeiten das Gehirn als mitwirkenden Theil bezeichnet hatten, so blieb doch bei dem Mangel von besonderen Erfahrungen darüber es zweifelhaft, wo und wie die Uebertragung der auf die sensibeln Nerven gemachten Eindrücke auf die motorischen stattfinde. WILLIS liess in beschränkter, VIEUSSENS [6], COMPARETTI [7] und Andere in weitester Ausdehnung die Uebertragungen durch die Nervenanastomosen zu Stande kommen; für die an Thieren gemachten Erfahrungen waren einzelne Aerzte der Annahme eines seelischen Princips im Mark nicht abhold. Den Anastomosen machte ASTRUC [8] durch scharfe Ueberlegungen, und HALES und WHYTT [9] durch den Fundamentalversuch [10] der Reflexbewegungen ein Ende. Ueberdies lieferte der letztere, besonders in den Abhandlungen über vitale und unwillkürliche Bewegungen und Beobachtungen über die Irritabilität, den bis dahin bedeutendsten Beitrag an experimentellen Erfahrungen, bezüglich der in Rede stehenden Lehre. Obschon WHYTT das Rückenmark als einen für die Entstehung der Reflexbewegungen nothwendigen Theil anerkennen musste, so nahm er doch behufs der Erläuterung dieser Erscheinungen ein besonderes Lebens-Princip in den Nerven und Muskeln an. Man sieht aber bei seinen Auseinan-

1 Auf DESCARTES' Bedeutung für die Lehre von der Reflexbewegung haben ARNOLD, Die Lehre von der Reflexbewegung. 1842. S. 16 und DU BOIS-REYMOND, Gedächtnissrede auf JOH. MÜLLER. 1859. S. 77, 78, 182 aufmerksam gemacht. Uebrigens waren die Physiologen des vor. Jahrhunderts, namentlich R. WHYTT, mit DESCARTES' Lehre sehr wohl bekannt, und es war der eigne Mangel vieler Physiologen der Neuzeit, dass sie sich durch Andere besonders auf DESCARTES mussten hinweisen lassen.

2 SWAMMERDAM, Bibel der Natur. S. 333. Leipzig 1752.

3 THOMAE WILLIS, Opera omnia. Cap. XVIII. Genevae 1690.

4 REDI, Osservazioni etc. Firenze 1864. I. p. 123 der 1712 in Venedig herausgekommenen Ausgabe.

5 Vol. I. S. 467 der MILLER'schen Ausgabe.

6 VIEUSSENS, Neurographia generalis, besonders in libr. III.

7 A. COMPARETTI, Occursus medici. Venetiis 1780.

8 ASTRUC, An sympathia partium a certa nervorum positura in interno sensorio? Abgedruckt p. 473 d. IV. Bds. der HALLER'schen Disputationen.

9 The works of R. WHYTT, publ. by his son. p. 290. Edinb. 1768.

10 So nenne ich den Versuch, welcher zeigt, dass beim geköpften Frosch mit der Zerstörung des Rückenmarks die Reflexbewegungen aufhören.



dersetzungen die Nothwendigkeit dieser Annahme nicht ein, noch ist er auch immer ausreichend klar. PROCHASKA[1] und MARSHALL HALL[2] betonten noch einmal den Mangel der Mitwirkung des Bewusstseins bei diesen Bewegungen, indem sie auf die Reflexbewegungen von Apoplektikern und bei Rückenmarksverletzungen aufmerksam machten. Obschon der letztere dieser beiden Forscher sich eines besonderen Rufes als Förderer der Lehre von den Reflexbewegungen erfreut, so ergiebt ein genaueres Studium der Geschichte, dass derselbe übertrieben worden ist. Die meisten der von ihm beschriebenen Thatsachen waren vor ihm bekannt, und die Deutung derselben war ebenfalls nicht ganz neu. Als ihm eigenthümlich kann man nur einige neue Formen von Reflexerscheinungen und die hypothetische Aufstellung des excito-motorischen Fasersystems ansehen. Es schien den damaligen Physiologen anders zu sein; das bereits auf diesem Gebiete Geleistete war ihnen nicht präsent. Die Nothwendigkeit der grauen Substanz des Rückenmarks für die Entstehung der Reflexbewegungen deutete zuerst GRAINGER[3] an. Unserem Zeitalter verdankt man eine reiche Detailforschung und mehrfache Versuche, tiefer in das Verständniss der Reflexerscheinungen einzudringen.[4]

II. Gehirn und Rückenmark als Uebertragungsorgane im Allgemeinen.

Wie erwähnt, bedürfen die Reflexbewegungen zu ihrer Entstehung ausser den beiden erwähnten Faserklassen stets noch der Mitwirkung eines Nerventheils anderer Bauart, oder wie wir uns gewöhnlich ausdrücken, der Anwesenheit eines Uebertragungs- oder Centralorgans.

Dass für die am häufigsten vorkommenden dies das Rückenmark sei, hat nach einer Bemerkung WHYTT's zuerst HALES bewiesen, indem letzterer zeigte, wie die bei einem geköpften Frosch auf Hautreize entstehenden Bewegungen mit der Zerstörung des Rückenmarkes aufhören. WHYTT bestätigte diese Beobachtung, zeigte aber zugleich, dass auch noch einzelne Stücke des Rückenmarks die Fähigkeit haben, zur Entstehung von Reflexbewegungen Veranlassung zu geben.

---

1 PROCHASKA, Adnotationum academicarum fasciculus tertius. Cp. IV. bes. p. 119. Pragae 1784.

2 An vielen Orten, z. B. Memoirs on the nervous system. London 1837.

3 GRAINGER, Observations on the structure and functions of the spinal cord. p. 34. 46 ff. 1837.

4 Wer für diese knappe historische Skizze nähere Ausführung und Begründung sucht, den verweise ich auf meine demnächst erscheinenden Abhandlungen zur Geschichte der Physiologie des Nervensystems, insbesondere auf die: Geschichte der Reflexerscheinungen.

Die letztere Thatsache ist später von Legallois, M. Hall und Volkmann erwähnt worden, ohne dass wie es scheint, diese Forscher von Whytt's Beobachtungen Kenntniss gehabt haben. Doch sind nicht sämmtliche Theile des Rückenmarks mit dieser Eigenschaft behaftet. Schon Volkmann [1] hob hervor, dass dem untersten Rückenmarksabschnitt dieselbe abgehe, und Sanders-Ezn [2] studirte dieselbe beim Frosch genauer. Er fand, dass bei diesem Thiere ein Querschnitt nahe unter den Ursprungswurzeln des 7. Rückenmarksnervenpaares alle Reflexbewegungen aufhebt, die man vorher durch Reizung der Haut an den unteren Extremitäten auslösen kann. Ich kann zufolge eigner Wahrnehmung hinzufügen, dass sich dies selbst bei Fröschen so verhält, deren Reflexerregbarkeit man durch Strychnin künstlich gesteigert hat. Dass auch nach der Zerstörung einzelner Hirntheile unbewusst auf Reize entstehende Bewegungen wegfallen und somit auch das Gehirn als Uebertragungsorgan fungiren könne, hat wenn ich nicht irre, zuerst M. Hall [3] durch den Versuch dargethan, indem er zeigte, dass bei Berührung des Auges eines abgetrennten Kopfes die Augenlider sich schlossen und diese Bewegung nach Zerstörung des Gehirns aufhörte.

III. Methoden, die Reflexbewegungen zu erzeugen.

Um die Reflexbewegungen hervorzurufen, hat man die Empfindungsnerven auf verschiedene Arten gereizt. Für die mechanische Reizungsart, die sich in ihren milderen Formen zur Auslösung von Reflexbewegungen besonders geeignet erweist, weiss man nur, dass ein continuirlich und langsam wachsender Hautreiz bis zur Zerstörung der sensitiven Fläche gesteigert werden kann, ohne Reflexbewegung hervorzurufen, während ein plötzliches Stärkerwerden desselben dies thut [4]; aber wie dieser Zuwachs an mechanischer Erregung in der Zeiteinheit auszudrücken ist, das ist zur Zeit noch nicht formulirt.

---

1 A. W. Volkmann, Ueber Reflexbewegungen. Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 15ff. 1838.

2 H. Sanders-Ezn, Vorarbeit für die Erforschung des Reflexmechanismus etc. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Mai 1867. Vgl. jedoch hierzu: Koschewnikoff, Ueber die Empfindungsnerven der hinteren Extremitäten beim Frosch. Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 326. 1868; Masius et Vanlair, Recherches expérimentales sur la régénération anatomique et fonctionelle de la moelle épinière. Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'academie royale de Belgique. XXI. 1870.

3 M. Hall, A brief account of a particular function of the nervous system. Proceedings of the committee of science and correspondence of the zoological society of London. II. p. 190. 27. Nov. 1832.

4 Carl Fratscher, Ueber continuirliche u. langsame Nervenreizung. Jenaische Ztschr. f. Naturwissensch. N. F. II. S. 130. 145. 1875.

Bei der Anwendung von chemischen Reizen ist man in sofern etwas besser daran, als man durch die Concentration der Lösung dem Reize eine unveränderliche Stärke geben kann; es bietet aber diese Reizungsart nicht die Bequemlichkeit, sie auf Flächen gewünschter Grösse überall anzuwenden. Man hat sich nach einer Empfehlung von TÜRCK [1] in den letztvergangenen Zeiten einer sehr verdünnten Schwefelsäurelösung bedient; leider geben gerade die Forscher, welche sie in grosser Ausdehnung angewendet haben, den Concentrationsgrad nicht immer genau an; sie begnügen sich zu sagen, dass die Lösungen so schwach zu nehmen seien, dass man ihren sauren Geschmack eben noch mit der Zunge entdecken könne. MEIHUIZEN [2] empfiehlt eine $^1/_5$ % Säure. TÜRCK hatte eine $^1/_5$ — $^4/_5$ % empfohlen. Man rühmt diesen schwachen chemischen Reizen nach, dass sie mehreremal hintereinander auf dieselbe Hautstelle angebracht, genau dieselben reflectorischen Bewegungen nach derselben Zeit hervorriefen, besonders wenn man nach jeder Reizung sorgfältig die gereizte Stelle abwäscht. Uebrigens ist hierbei zu bemerken, dass die Application dieser schwachen Säuren, ähnlich wie bei den mechanischen Reizen, plötzlich geschehen muss; denn man kann, wie bei der mechanischen Reizung, die chemische Einwirkung so langsam steigern, dass sie gleichfalls keine Reflexbewegung auslöst.[3] Selbstverständlich können auch andere chemische Reizmittel denselben Dienst thun, es sind aber noch wenige derselben genauer studirt. Aus den wenigen bisher angestellten Versuchen hat sich ergeben, dass für jedes Reizmittel eine untere Concentrationsgrenze besteht, welche in der Mehrzahl der Fälle überhaupt noch Reflexbewegung auslöst, und dass jedesmal vom Eintauchen des Nerven bis zum Erscheinen der Reflexbewegung eine gewisse Zeit verstreicht, die um so kürzer ist, je stärker die Concentration der Lösung. Jene untere, mit der Temperatur und anderen Umständen etwas schwankende Concentration hat man die untere Reflexschwelle genannt. Die Wirkungs- oder Latenzzeiten vom Eintauchen der Hautfläche bis zur Erhebung des Schenkels sind für verdünnte Schwefelsäure von BAXT [4] genauer studirt worden; sie sollen näherungsweise in einer geometrischen Proportion zunehmen, während die Säureconcentration in einer arithmetischen abnimmt. Von dem Urheber dieser Methode ist die Frage

---

1 TÜRCK, Ueber d. Zustand d. Sensibilität nach theilweiser Trennung d. Rückenmarks. Wien. Ztschr. d. Gesellsch. d. Aerzte. S. 1—13. März 1851.

2 MEIHUIZEN Arch. f. d. ges. Physiol. VII. S. 205.

3 CARL FRATSCHER, l. c. S. 130. 138.

4 BAXT, Die Reizung der Hautnerven durch verdünnte Schwefelsäure. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math. phys. Abth. S. 309. 1871.

aufgeworfen worden, in wieweit die erwähnten chemischen Reize mit den mechanischen durch Berührung und Druck gleich zu setzen wären. Er ist der Meinung, dass die Säurereizung und die Compression der Pfoten denselben Erfolg hätten. Setschenow [1] fügt hinzu, dass dies nur so lange der Fall sei, als die letztere zwischen den Fingern des Beobachters allmählich verstärkend geschehe. Je schneller dieselbe ausgeführt werde, desto mehr mische sich ein tactiles Moment ein, und die sogenannten tactilen Reflexe stimmten nicht mit den durch Säurereizung hervorgerufenen überein.[2] Später hat Danilewsky [3] tactile und pathische Reflexe unterschieden. Zu den ersteren zählt er schwache mechanische, chemische und thermische, zu den letzteren die schmerzhaften. Diese Unterscheidung scheint mir nicht mit der von Setschenow gemachten übereinzustimmen. Der von Türck angeregte Punkt muss wohl durch eine neue Untersuchung ins Klare gesetzt werden.

Benutzt man zur Auslösung von Reflexbewegungen thermische Einwirkungen, so hat man sich folgender Erfahrung zu erinnern. Allmähliche Temperatursteigerungen [4] sind ungünstig für die Erzeugung von Reflexbewegungen, und der Versuch kann, wenn jene zweckmässig langsam ausgeführt werden, sogar angestellt werden, dass das Thier ohne Bewegung in Wärmestarre verfällt. Grössere Hautflächen mit allmählich steigender Temperatur zu belegen, ist wenigstens bei noch mit Kreislauf versehenen, decapitirten Fröschen eine nutzlose Art, Reflexbewegungen hervorzurufen. Durch das zum Rückenmark strömende, in der Haut erwärmte Blut werden die der Reflexion dienenden Nervenelemente geschwächt, und überdies ist, wie eben erwähnt, die allmählich steigende Temperatur an und für sich ungünstig, die reflectorische Bewegung zu erzeugen. Dies ist auch, wie Forster [5] zeigte, die Ursache, weshalb der decapitirte Frosch in Wasser gesetzt, das man nach und nach zu 30° C. erwärmt, bei dieser Einwirkung nicht die mindeste Reflexbewegung zeigt. Man wird also kleine Flächen mit möglichst grossen, plötzlichen Temperaturunterschieden zu versehen haben. Man kann auch für die ther-

1 J. Setschenow, Physiologische Studien über d. Hemmungsmechanismen. S. 4. Berlin 1863.

2 Setschenow und Paschutin, Neue Versuche am Hirn und Rückenmark des Frosches. S. 78. Berlin. 1856.

3 Danilewsky, Untersuchungen zur Physiologie d. Centralnervensystems. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1866. S. 677.

4 A. Heinzmann, Ueber d. Wirkung sehr allmählicher Aenderungen thermischer Reize auf die Empfindungsnerven. Arch. f. d. ges. Physiol. VI. S. 222. 1872.

5 Forster, On the effects of a gradual rise of temperature on reflex actions. Studies from the physiol. laboratory in the university of Cambridge. I. p. 36. 43. 1873.

mische Reizung die Frage nach einem Schwellenwerth erheben, und kann von einer obern und untern thermischen Reflexschwelle reden, je nachdem die reizende Temperatur ober- oder unterhalb der jeweiligen Normaltemperatur des Thieres liegt. Diese müssen je nach der Temperatur des Thieres und anderen, die Reflexbewegungen bedingenden Umständen verschieden sein. Ueber diesen Punkt haben TARCHANOW[1] und HEINZMANN[2] einzelne Angaben gemacht.

Was endlich die electrischen Einwirkungen als Auslösungsmittel für reflectorische Bewegungen anlangt, so sind bald constante, bald inducirte Ströme in Anwendung gekommen. Die Reizungen mit constanten Ketten sind in den vorhandenen Untersuchungen[3] am Stamm des N. ischiadicus des Frosches vorgenommen worden, nicht an den peripherischen Ausbreitungen der Hautnerven. Man erhält durch Schliessungen und Oeffnungen von Strömen, die den PFLÜGERschen Tetanus geben und stärkeren, einzelne reflectorische Zuckungen oder geordnete reflectorische Bewegungen. Die nebenbei genannten Autoren stimmen in mehren diese Angelegenheiten betreffenden Einzelheiten nicht überein und haben die Differenzen ihrer Angaben nicht erläutert. Geschlossene, in ihrer Stärke allmählich wachsende Ströme sollen keine reflectorische Bewegung auslösen. Häufige Unterbrechungen constanter Ströme erhöhen die Reizbarkeit und summiren die Effecte. Man zeigt dies klar in der Art, dass man so schwache Ströme wählt, deren einzelne Schliessungen u. s. w. keinen Erfolg geben. Schon eine geringe Zahl von Unterbrechungen, etwa 60 in der Minute, geben anfangs schwache beschränkte, von da an stärkere und ausgebreitetere Zuckungen, bis schliesslich eine ganze Bewegung der Extremität durchbricht. Einzelne Inductionsströme sind ausserordentlich unwirksam, so dass man nur bei sehr heftigen Schlägen Bewegung und dann auch nicht immer bekommt.[4] Ueber diesen Punkt sind alle Forscher einig, auch diejenigen, welche den Reiz nicht auf einen Nervenstamm, sondern auf die Schenkelhaut wirken liessen. Dagegen ist eine häufige Wiederholung der Inductions-

---

1 TARCHANOW, Zur Physiologie d. thermischen Reflexe. RUDNOW's Journ. f. normale u. pathol. Histol. V. S. 338. 1872.

2 l. c. VI. S. 222. 1872.

3 SETSCHENOW, Ueber d. electrische u. chemische Reizung d. sensibeln Rückenmarksnerven d. Frosches. Graz 1868; J. TARCHANOW, Ueber die Summirungserscheinungen bei Reizungen sensibler Nerven d. Frosches. Bull. de l'acad. d. sciences de St. Petersbourg. XVI. p. 75. 1872.

4 SETSCHENOW und TARCHANOW in den vorher citirten Abhandlungen. A. FICK, Einige Bemerkungen über Reflexbewegungen. Arch. f. d. ges. Physiol. III. 326. 1870. WUNDT, Physiologische Psychologie. S. 262. 1874. W. STIRLING, Ueber die Summation electrischer Hautreize. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Dec. 1874. S. 372.

ströme eine sehr zweckmässige Anregungsart zu reflectorischer Bewegung. Dies lässt sich auf verschiedene Weise zeigen. Bestimmt man z. B. bei einem Inductionsapparat mit beliebiger Unterbrechungszahl den Abstand der Rollen, bei welchem eben noch deutliche Reflexbewegungen entstehen, so wird man finden, dass man die Rollen viel näher bringen muss, wenn es gelingen soll, durch einen Einzelschlag eine Bewegung zu erhalten. Daraus lässt sich schliessen, und besondere Versuche haben es bestätigt, dass die reflectorische Bewegung viel besser durch eine Wiederholung der Reize, als durch eine Verstärkung derselben gefördert wird. Auch bei dieser Reizungsart zeigen sich, wie bei der chemischen, die oben erwähnten Latenzzeiten. Stirling[1] hat ihre Abhängigkeit von der Wiederholung und der Stärke der Reize eingehend studirt. Besonders bemerkenswerth sind noch die sogenannten vorläufigen Reflexe. Schon Türck hatte bei der Säurereizung beobachtet, dass den heftigen Beuge- und Streckbewegungen geringe Bewegungen vorausgehen, so dass man für die Latenzzeit eigentlich zwei Zahlen bekommt, eine für die vorläufigen, eine andere grössere für die definitiven Reflexe. Sanders-Ezn[2] hat diese Erscheinungen für die chemische Reizung später besprochen. Diese Erscheinung zeigt sich nun auch bei der electrischen Reizung mittelst sich oft wiederholender Inductionsströme. Sie können vor den endgiltigen Reflexen verschiedene Male und in verschiedener Form auftreten. Da die Summation electrischer Hautreize sich so bedeutsam für die Auslösung reflectorischer Bewegung erweist, so kann man auf die Vermuthung kommen, dass Reflexe überhaupt nur durch wiederholte Erregungen der nervösen Centralorgane zu Stande kommen. Diese Annahme verlangt aber alsdann Aufklärung darüber, wie die einzelne Oeffnung und Schliessung der constanten Kette und der einzelne Inductionsstoss wiederholte Erregungen darstellen. Für den letzteren kann dies in der Erfahrung gefunden werden, dass derselbe, namentlich der Oeffnungsinductionsstrom, eine oscillirende Entladung darstellt.[3] Bei den durch sehr heftige Inductionsschläge ausgelösten Bewegungen vermisse ich übrigens den durch Zerstörung des Rückenmarks leicht zu führen gewesenen ausdrücklich angegebenen Nachweis, dass sich in die Bewegung keine paradoxe Zuckung eingemischt habe.

Obschon es bei der Darstellung der Methoden, die reflectorischen

---

1 Stirling, l. c. S. 372. 1874.

2 Sanders-Ezn, Arbeiten aus der physiolog. Anstalt zu Leipzig. S. 29. 1867.

3 s. Wiedemann, Die Lehre vom Galvanismus und Electromagnetismus. 2. Aufl. II. 2. S. 128. 360. 1874.

Bewegungen hervorzubringen, nicht vermieden werden konnte, eine Anzahl empirischer Eigenschaften derselben zu berühren, so gehe ich doch jetzt erst dazu über, die bis jetzt bekannten Eigenthümlichkeiten der Reflexbewegungen in ihrem ganzen Umfang zu schildern.

IV. Einfluss des Gehirns auf die durch das Rückenmark vermittelten Reflexbewegungen.

Die auf Hautreize durch Rückenmarksnerven vermittelten Bewegungen fallen bei Thieren verschieden aus, jenachdem das Rückenmark noch mit einem normalen Gehirn verknüpft, oder von demselben getrennt ist. Im letzteren Falle folgt unter übrigens gleichen Umständen demselben Reiz dieselbe Bewegung, im ersteren Falle fällt der Erfolg des Reizes verschieden aus: bald folgt eine Bewegung, bald fehlt sie und wenn sie eintritt, erscheint sie in verschiedener Form. Beim Menschen ist zwar die Gelegenheit, diese Unterschiede zu constatiren, nicht so häufig als bei Thieren gegeben, aber so viel weiss man, dass es hier nicht anders ist. Zugleich macht man hier die Wahrnehmung, dass man durch den Willen die Bewegungen, zu denen uns die Hautreize anregen, innerhalb gewisser Grenzen unterdrücken kann. Der erwähnte Unterschied hat also jedenfalls theilweise darin seinen Grund, dass in dem einen Fall durch den Reiz seelische Thätigkeiten angeregt werden, die das Bewegungsresultat bestimmen helfen, während dies Moment im anderen Falle fehlt. Man muss sagen theilweise, weil es nicht undenkbar ist, dass derselbe Mechanismus, dessen sich der Wille zur Hemmung gewisser Bewegungen bedient, auch bei Reizen, welche die Haut bei Gegenwart des Gehirns treffen, unbewusst in Thätigkeit gesetzt werden könnte. Nimmt man hierzu noch die seit Whytt[1] bekannte Erfahrung, dass in den ersten Zeiten nach dem Köpfen eines Thieres Hautreize gar keine oder nur unscheinliche Bewegungen hervorrufen, was man sich so deuten kann, dass man annimmt, es seien durch die Enthauptung die vorher angedeuteten Mechanismen direct zu ihrer Hemmung angeregt worden, so hat man in der That Aufforderung genug, der Existenz und den Eigenschaften dieser Hemmungsmechanismen, centres modérateurs, inhibitory system, nachzuspüren. Whytt, welcher nur die oben erwähnte, von ihm zuerst gesehene Erscheinung in Betracht zog, deutete sich dieselbe nach der Hippokratischen Regel: „duobus doloribus, simul abortis, non in eodem loco, vehementior obscurat alterum". Dies genügt

1 The works of Robert Whytt, published by his son. p. 302. Edinburgh 1768.

uns nicht mehr; selbst wenn wir in dem gegebenen Falle uns von dem Vorhandensein eines Schmerzes überzeugen könnten, würden wir wissen wollen, wie es kommt, dass ein Schmerz den anderen auslöscht. Spätere Forscher haben wohl den Thatsachen, von denen wir ausgingen, insgesammt Rechnung getragen, aber über den Mechanismus, mittelst dessen das Gehirn das Auftreten der constanten Reflexbewegungen, die nach seiner Entfernung hervortreten, verhindert, geben sie nur hypothetisch und ungenügende Auskunft. SCHIFF[1] ist der Meinung, dass die Beschränkung der Reflexbewegungen durch das Gehirn, wenigstens zum Theil, darin eine Erläuterung finde, dass dieses durch seine Anwesenheit der reizenden Einwirkung eine grössere Ausbreitung erlaube, wodurch der Antrieb zur Bewegung an Intensität entsprechend einbüsse. Als Stütze für diese Hypothese weist er darauf hin, dass bei geköpften Eidechsen die Bewegungen der hinteren Extremitäten und des Schwanzes um so heftiger bei denselben Reizen würden, je mehr man von vorn her vom Rückenmark abtrage. Anregend wirkte die Behauptung von SETSCHENOW[2], dass es im Gehirn gewisse räumlich abgegrenzte Theile gäbe, deren Erregung irgend welcher Art direct hemmend auf die Erzeugung von Reflexbewegungen wirke. Seit dieser Zeit ist für jene auch erst der Ausdruck „Hemmungsmechanismen" in Aufnahme gekommen. Als solche betrachtet er beim Frosche die Thalami optici, die Zweihügel und den oberen Theil des verlängerten Marks. Er kommt zu dieser Ansicht durch die Erfahrungen, dass die mechanische Reizung der genannten Gehirntheile, wie ein jeder Schnitt durch dieselben sie darstellt, sowie auch Reizungen durch Kochsalz etc. eine minutenlang dauernde Depression des Reflexvermögens hervorrufen. Der Ausdruck hemmend bezog sich auf die Verlängerung der Zeit des Eintritts der Reflexbewegung, vom Moment der Reizung der Hautnerven an gerechnet, die durch die Erregung der sogenannten Hemmungsmechanismen eintrat. Die Messung der Zeiten geschah nach der TÜRCK'schen Methode. Mehr oder minder hypothetisch ertheilt er diesen Hemmungsmechanismen die Eigenschaft, sich in schwacher tonischer Erregung zu befinden und auf reflectorischem Wege in eine

1 M. SCHIFF, Lehrbuch d. Physiologie des Menschen. I. Muskel u. Nervenphysiologie. S. 199 ff. Lahr. 1858—1859.

2 J. SETSCHENOW, Physiologische Studien über d. Hemmungsmechanismen f. d. Reflexthätigkeit im Gehirn d. Frosches. Berlin 1863. Weiteres über Reflexhemmung beim Frosch: Ztschr. f. rat. Med. (3) XXII. S. 6; J. SETSCHENOW u. PASCHUTIN, Neue Versuche am Hirn u. Rückenmark d. Frosches. Berlin 1865; SETSCHENOW, Zur Frage über d. Reflexhemmungen. Bull. d. l'acad. impériale de St. Petersbourg. XX. S. 537; SETSCHENOW, Ueber d. electrische u. chemische Reizung d. sensiblen Rückenmarksnerven des Frosches. Graz 1868.

stärkere zu verfallen. Die Bahnen, auf denen sich die deprimirende Wirkung der Sehhügelreizung vorzüglich fortpflanzt, sollen vorzugsweise in den vorderen Rückenmarkstheilen liegen; die graue Substanz soll daran keinen Antheil haben. Für rein tactile Reflexe sollen keine Hemmungsmechanismen existiren. Unter dem Einflusse von auf gegnerischer Seite entdeckten Thatsachen glaubt sich endlich Setschenow später noch davon überzeugt zu haben, dass auch im Rückenmark selbst (und in den übrigen Theilen des centralen Nervensystems?) Reflexhemmungscentren, wenigstens für gewisse Muskelgruppen, vorkämen. Diese Lehre fand Anhänger und Widersacher. Wesentlich neue Thatsachen haben die ersteren [1] der von Setschenow angegebenen nicht hinzugefügt. Bei den Gegnern [2] stösst man auf die folgenden Thatsachen und Erwägungen. Einige berufen sich im Streite gegen die besonderen, localisirten Hemmungsmechanismen neben andern untergeordneten Gründen auf die Erfahrung, dass eine intensive Reizung, sei es centraler, sei es peripherer Nerventheile bei Thieren mit oder ohne Setschenow's Hemmungsmechanismen, wenn nicht stets, doch sehr oft eine Depression des Reflexvermögens hervorrufe, und dass insbesondere eine Reizung der unteren Abtheilung des Rückenmarks eine Depression der Reflexe im vorderen Körpertheile bewirke. Gegen die Richtigkeit dieser Angabe ist wohl kaum aufzukommen. Unter den Gegnern, welche aus der eben erwähnten Erfahrung ihren hauptsächlichsten Grund gegen die Setschenow'sche Lehre entnehmen, hat sich nach dem Vorgange von Goltz [3] die Hypothese gebildet, dass ein Reflexcentrum, welches einen gewissen Reflexact vermittelt, an Erregbarkeit für diesen einbüsst, wenn es zu derselben Zeit, in der es für jenen angeregt wird, noch von anderer Seite her Erregungen erfährt. Es wird mithin der Grund für die Reflexhemmung in einer Zustandsänderung des Reflexcentrums selbst gesucht. Diese Deutung ist der alten Hippokratischen im Gebiete der Empfindungen analog. Soll jedoch mit Hilfe dieser Annahme die Bedeutung des Gehirns für die Reflexbewegungen erläutert

---

1 Matkiewicz, Ueber d. Wirkung d. Alkohols, Strychnins u. Opiums auf d. reflexhemmenden Mechanismen d. Frosches. Ztschr. f. rat. Med. XXI. S. 230. 1864; Simonoff, Die Hemmungsmechanismen d. Säugethiere experimentell bewiesen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1866. S. 545; Danilewsky, Untersuchungen zur Physiologie des Centralnervensystems. Ibid. 1866. S. 677; Weil, Die physiologische Wirkung d. Digitalis auf d. Reflexhemmungscentra d. Frosches. Ibid. 1871. S. 257.

2 A. Herzen, Expériences sur les centres modérateurs. Turin 1864; Lewisson, Ueber Hemmung d. Thätigkeit d. motorischen Nervencentren durch Reizung sensibler Nerven. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1869. S. 255.

3 Goltz, Beiträge zur Lehre v. d. Functionen d. Nervencentren d. Frosches. Berlin. 1869; Freusberg, Ueber d. Erregung u. Hemmung d Thätigkeit d. nervösen Centralorgane. Arch. f. d. ges. Physiol. X. S. 174.

werden, so wird man immerhin doch noch fragen müssen, ob es im Gehirn gewisse, abgegrenzte Stellen gibt oder nicht, von denen aus den Reflexcentren diejenigen Erregungen zugeführt werden, welche die gedachte Zustandsänderung bewirken. Ergibt eine genaue Untersuchung die Existenz solcher, so kann man festsetzen, sie Hemmungsmechanismen zu nennen; aber sie würden keine specifische, dem Gehirn allein zukommende Vorrichtungen darstellen. Daher bedenke man auch, dass der gesammte Hemmungsapparat aus zwei Theilen bestehen würde, einer im Gehirn liegenden Abtheilung, von welcher die Erregung ausginge und einer im Rückenmark befindlichen, durch welche die Hemmung vollzogen würde. Andere Gegner der SETSCHENOW'schen Hemmungsmechanismen mögen diese aus einem anderen Grunde nicht. Sie gehen davon aus, dass in den von SETSCHENOW angestellten Versuchen keine wirkliche Hemmung der Reflexbewegungen, sondern nur eine Verzögerung ihres Eintritts beobachtet werde. CYON[1], von welchem diese Bemerkung ausgegangen ist, behauptet, durch besondere Versuche nachgewiesen zu haben, dass ein Reiz, welcher die Haut während der Reizung der Thalami durch Kochsalz trifft, näherungsweise zu derselben Zeit, wo derselbe Reiz bei Abwesenheit der Thalamireizung eine Reflexbewegung auslösst, eine allmähliche Contraction des Gastrocnemius hervorzurufen beginnt, die später in eine energische Zuckung übergeht, die unter Umständen stärker ausfällt, als die bei Abwesenheit der Thalamireizung. Er schliesst hieraus, dass der Erfolg der Reizung des erwähnten Hirntheils nicht in einer Hemmung, sondern in einer Verzögerung der Reflexbewegung bestehe und macht die Annahme, dass die Verzögerung des Reflexes von einer Vergrösserung der Widerstände herrühre, welche durch die erregten Thalami sich der Fortpflanzung der Erregung durch die Ganglienzellen entgegenstellen. Er verwirft aus diesem Grunde die speciellen reflexhemmenden Centra. Man muss in der That zugeben, dass die von SETSCHENOW gewählte Versuchsform nach einer Seite hin nicht ganz glücklich gewählt ist. Ein etwaiger Unterschied in der Stärke der Reflexzuckung auf einen sehr kurzen sich gleichbleibenden, etwa elektrischen Reiz, bei gereizten und nicht gereizten Hirntheilen würde eine anschaulichere Belehrung über den Einfluss etwaiger hemmender Hirntheile geben. Eigentlich ist aber diese Art des Versuchs, wenn auch nicht besonders elegant, in der Erfahrung gegeben, dass unmittelbar nach der Enthauptung ein mechanischer Reiz von einer Stärke, die später

1 E. CYON, Zur Hemmungstheorie d. reflectorischen Erregungen. Beiträge zur Anat. u. Physiol. als Festgabe CARL LUDWIG gewid. v. s. Schülern. 1. Hft. S. 96. 1875.

sehr deutliche Reflexbewegungen auslösst, gar keine, also eine Zuckung von der Stärke Null gibt. Trägt man allen bis jetzt auf diesem Gebiet bekannten Erfahrungen Rechnung, so kommt man meines Erachtens über die Annahme nicht hinaus, dass von dem Gehirn im Ganzen, oder in einzelnen seiner Theile Wege nach dem Rückenmark gehen, durch deren Erregungen die am Rückenmark auftretenden Reflexbewegungen in ihrer normalen Erscheinungsweise gehindert werden können. Diese Einwirkung scheint sich sowohl auf die Zeit, die zwischen Einwirkung des Reizes und dem Eintritte der Bewegung verfliesst, als auch auf die Stärke der Zuckung zu erstrecken. Man kann jene Wege, inclusive der Oerter, wo sie zum ersten Male von den Erregungen betreten werden, Hemmungsmechanismen nennen. Diesem Gebrauch steht nach dieser Verständigung Nichts im Wege. Wir haben aber in diesen Vorrichtungen nichts Specifisches, dem Gehirn Eigenthümliches zu erblicken, da auch Erregungen anderer Theile des Nervensystems denselben Effect haben können. Von Hirntheilen ausgehende Erregungen aber müssen wir annehmen und können uns die Sache mit SCHIFF nicht so vorstellen, dass in Folge der Abtragung des Gehirns die sensiblen Anregungen sich auf einen geringern Theil des Nervensystems ausbreiten und darum effectvoller sind, weil gemäss dem alten WHYTT'schen Versuch in der ersten Zeit nach dem Köpfen des Thieres eine Depression des Reflexvermögens auftritt, die hernach verschwindet. Dies schliesst nicht aus, dass bei gewissen Erregungsformen des Gehirns auch eine blosse Verzögerung des Reflexvorganges vorkommen kann.

Bei der bisherigen Darstellung ist nur von dem Einflusse des Gehirns auf die reflectorischen Bewegungen der Skeletmuskeln die Rede gewesen. Es kommen aber auch Hemmungen von Seiten des Gehirns im Gebiete andrer reflectorischer Erscheinungen vor. Von ihnen werde ich an einem Orte, der mir zweckmässiger, als der gegenwärtige scheint, handeln.

V. Geschwindigkeit der bei den Reflexbewegungen stattfindenden Innervationsvorgänge.

HELMHOLTZ[1] entdeckte mittelst Versuche am Myographion, dass bei den Reflexbewegungen die Zeit, welche während der Uebertragung der in sensiblen Nerven erzeugten Erregung auf die motorischen Nerven vergeht, gegen 12 mal so gross sei, als die, welche während

1 Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Abhandl. d. Berliner Acad. S. 332. 1854.

der Leitung in den sensiblen und motorischen Nerven verstreicht. Ausführlicher ist der genannte Autor auf diesen Gegenstand nicht wieder zurückgekommen. Erst gegen 20 Jahre später haben andre Forscher diese Frage nach der Geschwindigkeit der Uebertragung innerhalb des Rückenmarks wieder vorgenommen. Versuche von Rosenthal[1] liegen bis jetzt nur in kurzen Sätzen ohne Mittheilung der Methode vor. Sie bestätigen im Allgemeinen den verhältnissmässig späten Eintritt reflectorischer Zuckungen verglichen mit denen durch directe Reizung motorischer Nerven erzeugten. Ausserdem enthalten sie eine Anzahl Einzelheiten über die Reflexzeit, unter welcher die Zeit verstanden wird, welche während der Uebertragung und Umwandlung des sensiblen Vorgangs auf die motorischen Nerven innerhalb des Marks vergeht. Dieselbe ist abhängig von der Reizstärke, sie nimmt mit der Stärke des Reizes ab und kann bei sehr starken Reizen unmerklich werden. Es ist anzunehmen, dass, falls sich der Verf. electrischer Reize bediente, er sich überzeugt hat, dass er es stets mit ächten Reflexbewegungen zu thun hatte. Bestimmt man die Reflexzeit für einen Muskel derselben und den analogen der anderen Seite bei Reizung einer gewissen Hautstelle, so ist die Reflexzeit im letzteren Falle grösser, als im ersteren. Die Grösse dieses Betrags wird die Zeit der Querleitung genannt. Auch sie ist eine Function der Reizstärke. Reflexzeit und Querleitung ändern sich mit der Ermüdung des Rückenmarks. Reizungen eines sensiblen Nerven an Stellen, die verschieden weit vom Rückenmark entfernt sind, führen unter der Voraussetzung der Anwendung von Reizen, die das Maximum der Reflexzuckung geben, zu verschiedenen Werthen der Reflexzeit, von welchen der, welcher der dem Rückenmark näheren Stelle entspricht, der kleinere ist. Man kann dies ungezwungen durch die Annahme erklären, dass die Nerven der Leitung einen Widerstand entgegensetzen, welcher den Reiz abschwächt. Es ist bemerkenswerth, dass auch bei Reflexen, bei denen das Gehirn als Uebertragungsorgan fungirt, für einen stärkern Reiz eine kürzere Reflexzeit gefunden worden ist. Exner[2] fand für das durch die electrische Reizung der Lidhaut hervorgerufene reflectorische Augenblinzeln für die reducirten[3] Reflexzeiten die Werthe

---

1 Abhandl. d. Berliner Acad. 1873. S. 104; 1875. S. 419.

2 Sigm. Exner, Experimentelle Untersuchungen d. einfachsten psychisch. Processe. 2. Abhandlg. Ueber Reflexzeit u. Rückenmarksleitung. Arch. f. d. ges. Physiol. VIII. S. 526. 1874.

3 d. h. nach Abzug der für die Leitung in den sensiblen und motorischen Nerven verbrauchten Zeiten. Exner nennt also reducirte Reflexzeit die Zeit, welche andere Forscher einfach Reflexzeit nennen.

0,0471 und 0,055 Secunde, von denen der kleinere dem stärkeren Reize entsprach. Für das durch den schwächern optischen Eindruck eines electrischen Funkens hervorgerufene Augenblinzeln ergaben sich viel grössere Reflexzeiten. Ebenso ist anzumerken, dass die von ROSENTHAL gemachte Angabe, dass die Uebertragung von einer Seite zur anderen mehr Zeit verlange, als wenn sie auf derselben Seite des Rückenmarks geschieht, von andrer Seite, durch WUNDT[1], bestätigt worden ist. Dagegen glaubt dieser Forscher gefunden zu haben, dass die Reflexzeit von der Reizstärke unabhängig sei. Uebrigens verrechnet WUNDT wie es scheint als Reflexzeit eine etwas andere Grösse, als ROSENTHAL. Er lässt auf ein Pendelmyograph zwei Curven schreiben, von denen die eine der directen Reizung des motorischen Nerven, die andere der reflectorischen Erregung durch Reizung der hinteren Wurzel entspricht. Die der gesammten Verrückung beider Curven entsprechende Zeit, welche mithin auch noch die Zeit in sich schliesst, die während der Fortpflanzung des Reizes im sensiblen Nervenstück verfliesst, wird als Reflexzeit gerechnet. Indess wegen der geringen Länge dieses Nervenstücks kommt diesem Punkt wohl kaum eine sachliche Bedeutung zu. Uebrigens wechseln die Werthe der Reflexzeiten unter gleichen Umständen je nach den besonderen Zuständen, in denen sich die Centralorgane befinden. Hiervon weiter unten.

VI. Einfluss verschiedener Zustände des Rückenmarks auf die Reflexbewegungen.

Schon M. HALL wusste, dass die vom Rückenmark abhängigen Reflexbewegungen Aenderungen erfahren, wenn man den Thieren gewisse Gifte einverleibt. Spätere Forschungen ergaben, dass auch andere Einwirkungen, wie Druck, Temperatur etc. ähnliche Einflüsse ausüben. Die Untersuchung dieser Seite der Reflexbewegungen hat heute bereits eine grosse Ausdehnung gewonnen, insbesondere sind sich hier durch eine genaue Untersuchung des Einflusses verschiedener in das Blut eingeführter Stoffe auf die Reflexbewegungen Physiologen und Pharmacologen begegnet und haben ein reiches Erfahrungsmaterial zusammengebracht. Es kann nicht meine Absicht sein, alle bis jetzt bekannten Erfahrungen auf diesem Gebiete mitzutheilen; dies ist Aufgabe eines Handbuchs der Pharmacologie. Ich treffe eine kleine Auswahl und lasse mich dabei von dem Gesichtspunkt leiten,

---

1 WUNDT, Untersuchung zur Mechanik der Nerven und Nervencentren. 2. Abh. Ueber den Reflexvorgang und das Wesen der centralen Innervation. Stuttgart 1876.

nur solche Beispiele besonders vorzuführen, welche einerseits verschiedenartige Wirkungen zeigen, andererseits so methodisch und klar durchgearbeitet sind, dass man daran zeigen kann, welche Punkte man bei derartigen Untersuchungen besonders zu berücksichtigen hat und durch welches Verfahren man sie ins Klare setzt.

Strychnin.[1] Die Kenntniss des Strychninkrampfes überhaupt ist alt, älter als die Kenntniss des reinen Alkaloids.[2] Dass es die durch das Rückenmark vermittelten Reflexe bei decapitirten Thieren, selbst an Stücken des Rückenmarks, erhöht, ist zuerst von M. HALL gesehen worden.[3] Dieser hat dadurch, dass er zeigte, wie mit der Zerstörung des Rückenmarks die Strychninkrämpfe aufhören, STANNIUS[4] in der Art, dass, wenn der Zutritt strychninhaltigen Blutes zum Rückenmark verhindert wird, die Krämpfe fehlen, und MEYER[5] auf die Weise, dass er darthat, die motorischen Nerven können durch directe Application des Giftes auf sie nicht erregt werden, mehr denn ausreichend bewiesen, dass der Strychnintetanus eine Folge der Wirkung des Giftes auf das Rückenmark ist. Der letztere suchte ausserdem durch besondere Versuche noch nachzuweisen, dass die graue Substanz des Marks der eigentliche Angriffspunkt des Giftes sei. Um zu erfahren, ob das Strychnin nicht neben seiner Wirkung auf das Rückenmark auch noch die Erregbarkeit der Nerven erhöhe, hat MEIHUIZEN[6] die Zuckungen verglichen, welche der n. ischiadicus bei gleicher Stärke des Reizes vor und nach der Vergiftung giebt. Es fand sich kein Unterschied. BERNSTEIN[7] machte den Versuch, darzuthun, dass auch die Reizbarkeit der sensiblen Nerven keine Aenderung durch das Strychnin erfahre. Nach diesem Forscher bekommt das Rückenmark des Frosches bis auf einen kleinen unteren Abschnitt sein Blut vom verlängerten Mark her. Theilte er nun das Mark und vergiftete mit Strychnin, so zeigte der untere Abschnitt normale, der vordere erhöhte Reflexthätigkeit. Da die Blutzufuhr zu allen Hautnerven nicht alterirt worden war, so hatte das Gift die zum hinteren Rückenmark-

1 Ich ziehe hier das Strychnin nur in seiner Wirkung auf die Reflexe der Skeletmuskeln in Betracht, über seine Wirkung auf andere Muskelfasern weiter unten.

2 MAGENDIE, Examen de l'action de quelques végetaux sur la moëlle epinière. Paris 1807; PELLETIER et CAVENTOU, Memoire sur un nouveau alcali (la strychnine) etc. Ann. d. chim. et phys. X. p. 142. 1818.

3 M. HALL, On the reflexfunction etc. Philos. Transact. Roy. Soc. 1833. II. p. 635.

4 H. STANNIUS, Ueber die Wirkung des Strychnins etc. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1837. S. 223.

5 H. MEYER, Ueber die Natur des durch Strychnin erzeugten Tetanus. Ztschr. f. rat. Med. V. S. 257. 1846.

6 S. MEIHUIZEN, Invloed van sommige Stoffen op de reflexprikkelbaarheid van het ruggemerg. Groningen 1872. Arch f. d. ges. Physiol. VII. S. 201. 1873.

7 BERNSTEIN, Molesch. Unters. X. S. 280.

abschnitt gehörigen Hautnerven in ihrer Erregbarkeit nicht erhöht. BERNSTEIN warnt vor zu starker Vergiftung, und ich selbst muss aus eigner Erfahrung die grösste Vorsicht anempfehlen, dieses Verfahren in allgemeinere Anwendung zu bringen, indem ich Fälle genug gesehen habe, bei denen auch trotz schwacher Vergiftung der hintere Abschnitt erhöhte Reflexthätigkeit zeigte, und somit der beabsichtigte Schluss nicht gemacht werden konnte. Die die Reflexe vermehrende Wirkung des Strychnins, Brucins, Thebains, Coffeins, soll geschwächt, sogar gehindert werden durch apnoisches Blut. Ich begnüge mich mit dieser einfachen Bemerkung, da dieser mehrfach widersprochene Punkt durch weitere Arbeiten erst noch der Klärung bedarf.[1] Die Gaben, welche von einen Strychninpräparat nothwendig sind, seinen Einfluss auf die Reflexerregbarkeit zu zeigen, wechseln nach der Art des Thieres, dem es administrirt wird. Für Frösche genügt $^1/_{60}$ Milligramm des Acetats, Meerschweinchen und Hühner sind besonders unempfindlich gegen Strychninpräparate.[2] Die Wirkung auf das Reflexpräparat zeigt sich darin, dass bei schwächern Vergiftungen weniger intensive Reize genügen, die am vergifteten Thiere darstellbaren Reflexe auszulösen[3], bei stärkeren Vergiftungen auf die geringfügigsten Reize andere Formen der Reflexbewegungen, heftige Streckkrämpfe, Strychnintetanus, hervortreten. S. MAYER[4] hat behauptet, dass die Krampfwirkung des Strychnins mit einer Wirkung auf das verlängerte Mark anfange und sich dann erst auf das Rückenmark erstrecke. Er glaubte diese Meinung aus seiner Erfahrung ab-

---

1 Man vergl. dazu die folgenden Arbeiten: LEUBE, Unters. üb. d. Strychninwirkung u. deren Paralysirung durch künstl. Respiration. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1867. S. 629; USPENSKY, Der Einfluss der künstl. Respiration auf die nach Vergiftung mit Brucin, Thebaïn etc. eintretenden Krämpfe. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. S. 522; H. EBNER, Ueber d. Wirkung d. Apnoë bei Strychninvergiftung. Inaug.-Diss. Giessen 1870; R. BUCHHEIM, Ueber d. Einfluss d. Apnoë auf Strychnin- u. Brucinvergiftungen. Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 177; FILEHNE, Ueber Apnoë u. d. Wirkung eines energischen Kohlensäurestromes auf d. Schleimhäute d. Respirationsapparates u. über d. Einfluss beider auf verschied. Krampfformen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. S. 361; BROWN-SÉQUARD, Note sur un moyen etc. Arch. d. physiol. norm. et pathol. 1872. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. S. 190; ROSSBACH, Ueber d. Einfluss d. künst. Respir. auf Strychninvergiftung. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1873. S. 369; J. JOCHELSOHN, Ueber d. Einfluss d. künstl. Respir. auf Strychninvergiftung. Würzburger Verh. N. F. V. S. 107. 1874; R. BUCHHEIM, Ueber d. therapeut. Verwendung d. Sauerstoffs. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmak. IV. S. 137; insbes. S. 144. 145; L. PAUSCHINGER, Der Einfluss d. Apnoë auf d. durch Strychnin hervorgerufenen Krämpfe. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abthlg. 5. u. 6. S. 401. 1878.

2 W. LEUBE, Unters. über d. Strychninwirkung etc. Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 629. 1867.

3 Es wäre wünschenswerth, über diesen Punkt noch eine besondere Untersuchung auszuführen.

4 S. MAYER, Ueber d. Einwirkung d. Strychnins auf d. vasomotorische Nervencentrum. Sitzungsber. d. Wiener Acad. 2. Abth. LIV. Nov.-Hft. 1871.

leiten zu dürfen, dass bei einem strychninisirten Thiere, dessen Rückenmark im Brusttheile durchschnitten ist, der Krampf zuerst im oberen und dann im unteren Körpertheile ausbricht. Dieser Angabe ist jedoch von FREUSBERG widersprochen worden. Hervorzuheben ist noch, dass nur Berührungen und nicht Reize mit Säuren diesen Strychnintetanus erzeugen können. Zur Erläuterung dieses Verhaltens ist an peripherische Ursachen nicht zu denken, wie MEIHUIZEN[1] nachwies. Die ausgebreiteteren und verstärkten Reflexbewegungen, welche man nach Strychninvergiftung beobachtet, kann man beziehen entweder auf eine Vergrösserung der Erregbarkeit derjenigen Theile, welche die sensiblen Nervenerregungen in motorische überführen, so dass die verstärkten Erregungen, welche von jenen Theilen ausgehen, nun verstärkte Bewegungen hervorrufen und sich auch auf Bahnen fortpflanzen können, wohin sie vorher wegen ihrer Schwäche nicht drangen, oder auf eine Hinwegräumung gewisser Widerstände in den vorher benutzten, zugleich aber auch in früher nicht betretenen Nervenbahnen. Entscheidende Thatsachen für die eine oder andere Ansicht sind meines Erachtens nicht vorhanden. Zum Schluss mag noch bemerkt werden, dass nach ROSENTHAL das Strychnin die Uebertragungszeit verkleinert, aber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den peripherischen Nerven unverändert lässt, nach WUNDT dagegen die Reflexzeit vergrössert.

Chloroform. Schon M. HALL hat angegeben, dass hierdurch die Reflexthätigkeit vermindert werde. CAYRADE sah diese Wirkung ebenfalls und zwar, wie er ausdrücklich bemerkt, an Fröschen, denen er zuvor das Gehirn abgetragen hatte. Diese lähmende Wirkung, die übrigens an dem behirnten Thiere in der Regel nach einem kurzen Stadium der Aufregung eintritt, ist so oft beobachtet worden, dass es nicht nothwendig ist, dafür noch besondere Zeugnisse beizubringen. Dagegen muss die Frage, auf welche Abtheilungen des Reflexapparates das Chloroform so deprimirend wirke, noch besonders vorgenommen werden. Ihre Zergliederung rührt besonders von BERNSTEIN[2] her. Dieser schaltete durch Gefässunterbindung ein Glied von der Einwirkung des Chloroforms aus und verglich die Erregbarkeit seiner motorischen Nerven mit der des analogen vergifteten Gliedes, als bereits an diesem die Verminderung der Reflexerregbarkeit deutlich ausgesprochen war. Er fand zu dieser Zeit keinen wesentlichen

1 MEIHUIZEN, Ueber d. Einfluss einiger Substanzen auf d. Reflexerregbarkeit d. Rückenmarks. Arch. f. d. ges. Physiol. VII. S. 201.

2 BERNSTEIN, Ueber die physiol. Wirkung d. Chloroforms. Molesch. Unters. X. S. 280.

Unterschied und bewies somit, dass die erwähnte Wirkung des Chloroforms nicht auf einer Verminderung der Erregbarkeit der motorischen Nerven beruhe. Um zu sehen, ob die sensiblen Nervenstämme etwas mit der Sache zu thun haben, wurde der Zufluss des vergifteten Blutes zu einer Extremität von Neuem gehemmt und dann die Reflexerregbarkeit derselben mit der analogen nicht vergifteten verglichen. Es wurde kein Unterschied gefunden; es trat in gleicher Weise Lähmung in beiden mit einander verglichenen Gliedern ein. Da man bereits wusste, dass die motorischen Nerven nicht wesentlich bei der Herabsetzung der Reflexerregbarkeit betheiligt waren, so folgte aus dem letzten Versuch ein Gleiches für die sensiblen Nerven. Somit ergab sich, dass die Herabsetzung der Reflexerregbarkeit durch Chloroform ihren vorzüglichsten Grund in einer Einwirkung des Giftes auf die Centralorgane haben musste. In ähnlicher Weise wie diese beiden Gifte sind noch eine Anzahl anderer mehr oder weniger vollständig durchgearbeitet, so: Picrotoxin, Morphin, Narcotin, Thebain, Aconitin, Chinin, Blausäure etc. etc.

Auch die Temperatur, auf welcher sich die einzelnen bei den Reflexbewegungen betheiligten Nerventheile befinden, hat Einfluss auf die Erzeugung der Reflexbewegungen. Man vermenge mit diesem Punkte nicht die oben S. 30 gegebenen Darlegungen, welche sich auf die Auslösung von Reflexbewegungen durch Temperaturreize bezogen. Es ist eine bekannte, durch Brown-Séquard[1] etwas genauer verfolgte Erfahrung, dass Reflexpräparate bei niederen Temperaturen ihre Eigenschaften länger, als bei höhern erhalten. Bringt man nach Cayrade jene in allmählich steigende Temperaturen, jedoch der Art, dass das Anwachsen derselben nicht so rasch geschieht, dass es selbst als Reflexreiz wirkt, so werden mit der Erhöhung der Temperatur die auf irgend eine Art erzeugten Reflexe energischer, und die einzelnen Contractionen dauern länger an. Bei Temperaturen von 29—30° C. kann auf diese Art sogar Tetanus entstehen.[2] Ob dabei sich die Wirkung ausschliesslich auf das Mark oder auch zugleich auf die betheiligten Nerven erstreckt, liess sich aus seinen Versuchen nicht ersehen. Tarchanow[3] erwärmte einzelne Rückenmarksabschnitte und fand, dass bei 24—70° C. eine Erhöhung der durch Kneifen erzeugten Reflexe stattfindet, die jedoch um so flüchtiger ist

1 Brown-Séquard, De la survie des Batraciens et Tortues après l'ablation de leur moëlle allongée. Gaz. méd. d. Paris 1851. p. 476.

2 Cayrade, Recherches critiques et expér. sur les mouvements reflexes. p. 48.

3 Tarchanow, Ueber d. Wirkung d. Erwärmung resp. Erkältg. auf d. sensiblen Nerven etc. Bull. d. l'acad. d. sciences de St. Petersbourg. XVI. p. 226. 1870.

und einer Depression Platz macht, je höher die Temperatur. Hieraus ergiebt sich, dass eine blosse Temperatursteigerung der Rückenmarkssubstanz die Reflexthätigkeit erhöht. Aehnliche Versuche stellte ARCHANGELSKY[1] an Reflexpräparaten an, indem er das ganze Rückenmark zu erwärmen suchte und die Reflexerregbarkeit nach TÜRCK's Methode prüfte. Seine Erfahrungen widersprechen denen des vorigen Autors nicht. Er hebt nur besonders hervor, dass bei allmählicher Erwärmung die Steigerung nicht wahrgenommen werde. Auf der andern Seite steigert aber auch eine bestimmte Erniedrigung der Temperatur ebenfalls die Reflexerregbarkeit. TARCHANOW beobachtete und FREUSBERG bestätigte es, dass Einpacken des nicht enthäuteten Rumpfes des Reflexpräparates des Frosches in Eis, diesen Einfluss habe. Ueber die Art der Deutung dieses Einflusses sind die beiden genannten Autoren verschiedener Meinung, die in ihren Arbeiten nachzusehen ist.[2] Auch WUNDT ist der Ansicht, dass die Kälte die Reflexthätigkeit erhöhe, er macht aber noch die Zusätze, dass einmal, übereinstimmend mit den Aussagen anderer Experimentatoren, der Eintritt der Muskelzuckung verlängert sei, sodann aber, dass bei längerer Einwirkung die Reflexe ausblieben und zwar so hartnäckig, dass sie selbst durch Strychnin nicht hergestellt werden könnten. Diese Wirkung der Kälte auf die Strychninkrämpfe scheint nur bei gewissen Dosen des Giftes stattzufinden, indem nach einer älteren Beobachtung von KUNDE[3] bei geringen Strychningaben eine Wärmezufuhr den Tetanus unterdrücken, eine Wärmeentziehung ihn hervorrufen und bei stärkeren Gaben sich die Sache umgekehrt verhalten soll. Uebrigens gestatten die Angaben von KUNDE keinen sichern Vergleich mit denen von WUNDT, da ersterer nicht so auf die Dauer der Einwirkung der Temperatur geachtet hat, als letzterer.

Man hat auch versucht, welchen Einfluss durch das Rückenmark geschickte electrische Ströme auf die Entstehung der Reflexbewegungen haben. Ich ziehe hierher nicht die älteren, von NOBILI und MATTEUCCI herrührenden Versuche, bei denen diese Absicht nicht durchleuchtet und aus denen auch nicht zu ersehen ist, ob die Strömung nur das Rückenmark und nicht auch die grösseren Nervenstämme durchzog, sondern nur einige neuere, bei denen man auf

---

1 SCHWALBE u. HOFMANN, Jahresber. II. S. 556.

2 FREUSBERG, Kälte als Reflexreiz. Arch. f. d. ges. Physiol. S. 174. 181. 1875; TARCHANOW, Gaz. méd. d. Paris 1875. No. 23 u. 34; FREUSBERG, Kälte als Reflexreiz. Arch. f. exper. Pathol. u. Pharmak. VI. S. 49. 1877.

3 KUNDE, Ueber d. Einfluss d. Wärme u. d. Electric. auf d. Rückenmark. Würzburger Verhandl. VIII. S. 175. 1858; VIRCHOW, Arch. f. pathol. Anat. XVIII. S. 357. 1860.

beide Punkte Bedacht genommen findet. RANKE[1] fand, dass bei einer gewissen Wahl der Stromstärke beide Stromesrichtungen durch das Rückenmark geköpfter Frösche der Länge nach geschickt, die Strychninkrämpfe und die auf tactile Reize entstehenden normalen Reflexbewegungen schwächer werden und resp. verschwinden. Quere Durchströmung hat keinen solchen Erfolg. Der Autor ist der Ansicht, dass der Strom die zur Reflexbewegung nothwendige Arbeit der Ganglienzelle gerade so lähme, wie er unter Umständen den Innervationsvorgang in seiner Fortpflanzung hemmen kann. LEGROS und ONIMUS[2] schreiben dem absteigenden Strom eine stärkere als dem aufsteigenden zu, welcher letztere nur zuweilen eine Aufhebung, meistens aber eine Steigerung der Reflexe zur Folge habe. Hiermit stimmen nicht die Versuche von USPENSKY.[3] Er leitete die Ströme durch das Rückenmark nicht enthaupteter Frösche; bei nicht zu langer Dauer der Ströme, welche das Rückenmark lähmen, fand er, dass der aufsteigende Strom die Reflexbewegungen der unteren Extremitäten schwächte oder aufhob, der absteigende sie bestehen liess. Picrotoxinkrämpfe wurden durch den aufsteigenden am Entstehen verhindert, der absteigende besänftigte sie. Es ist eine erneute Untersuchung dieser Einwirkung auf das Rückenmark bezüglich der Reflexbewegungen angezeigt. Ich möchte rathen, dabei die Bewegungen nicht an den hinteren Extremitäten auszulösen. Für diese laufen die Nerven eine so beträchtliche Strecke im Wirbelkanal, dass es schwer sein wird, den Strom nur auf das Rückenmark zu beschränken. Ueberhaupt aber will es mir scheinen, als ob die sämmtlichen Versuche, welche es sich zum Ziel setzen, die Aenderungen der Reflexbewegungen in Folge verschiedener Einwirkungen auf das Rückenmark zu untersuchen, keine besondere Frucht treiben wollten. Setzt man die etwa practisch verwerthbaren Erfahrungen bei Seite, so werden sie schwerlich neue Einsichten in das Wesen der Reflexbewegungen erschliessen. Man wird kaum dahin gelangen, die Nervenanfänge von jenen Wirkungen auszuschliessen und so wird man, worauf doch alles ankommt, keine reine Erfahrungen über das eigentliche Centralorgan sammeln. Nur Studien über solche Einwirkungen, welche keinen Einfluss auf den peripherischen Nerven haben, werden hier fördern.

Analog den veränderten Reflexbewegungen je nach den Einwir-

1 JOH. RANKE, Ueber d. krampfstillende Wirkung d. electr. Stromes. Ztschr. f. Biologie. II. S. 398. 1866.

2 LEGROS u. ONIMUS, De l'influence etc. Gaz. méd. d. Paris 1868. p. 547.

3 P. USPENSKY, Ueber d. Einfluss d. constanten Stromes auf d. Rückenmark. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1869. S. 577.



kungen, welchen wir die Centraltheile unterwerfen, sind diejenigen, welchen wir in pathologischen und vereinzelten physiologischen Zuständen jener begegnen. Zu den ersteren gehören die noch unverstandenen Erscheinungen des traumatischen Tetanus und der Hydrophobie, zu den letzteren der normale Begattungskrampf männlicher Frösche. Den letzteren hat Goltz[1] studirt und gefunden, dass sein Centrum in dem obersten Abschnitte des Rückenmarks liegt, und zur Zeit der Begattung durch die Reizung der Haut der Brust und der Beugeseite der Arme reflectorisch angeregt werden kann. Wie aber gerade zur Begattungszeit die grosse Erregbarkeit jenes Rückenmarkstheils sich ausbildet, ist noch unbekannt.

VII. Abhängigkeit der Reflexe von dem Orte des sensiblen Nerven, an welchem der Reiz angreift.

Von Mar. Hall[2] rührt die Beobachtung her, dass sich die Reflexbewegungen von den äusseren Enden der Nerven leichter als von ihren Stämmen auslösen lassen. Sie ist seit jener Zeit zum öfteren bestätigt worden, z. B. von Volkmann[3] und auch in die Lehrbücher der Physiologie übergegangen. Der letztere Physiologe hob schon die auffallende Thatsache hervor, dass die directe Reizung einer gesammten hinteren Wurzel eines Rückenmarksnerven einen so erstaunlich geringen Erfolg habe. Fick und Erlenmeyer[4] haben die unter der Rückenhaut des Frosches leicht isolirbaren Nervenstämmchen zur Darstellung des angegebenen Verhaltens empfohlen. Sie machen bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam, dass bei electrischen Reizungen jener Stämmchen durch den einzelnen Inductionsschlag, wofern er überhaupt eine Bewegung auslöst, nur einzelne Zuckungen und keine geordneten Gliederbewegungen eintreten, wie sie bei Reizung der Endverzweigungen der Nerven in der Haut entstehen. Eine irgend erweisbare Erklärung dieser Thatsache ist bis jetzt nicht gegeben worden. Man kann daran denken, dass es periphere Einrichtungen der Nerven giebt, welche durch die einwirkenden Reize dem weiteren Verlaufe der Nerven solche Innervationsvorgänge einprägen, die zur Auslösung von Reflexbewegungen mehr geeignet sind als diejenigen, welche wir unmittelbar in den Stämmen

1 Goltz, Beiträge zur Lehre v. d. Nervencentren d. Frosches. S. 29. 30. 1869.
2 M. Hall, Memoirs on the nervous system. London 1837.
3 Volkmann, Artikel Nervenphysiologie. Wagner's Handwörterb. d. Physiol. II. S. 544.
4 Fick u. Erlenmeyer, Einige Bemerkungen über Reflexbewegungen. Arch. f. d. ges. Physiol. III. S. 326.

erregen. Es könnte aber auch sein, dass die gleichzeitige Erregung so vieler Nervenfasern, wie sie bei der Reizung eines Nervenstammes stattfindet, so ungeordnete Erregungen der Centralorgane zu Stande bringt, dass die eine hemmt, was die andere anregt, so dass wir also etwa nur in anderer Form die oben Seite 35 erwähnte Erfahrung vor uns hätten, dass die Entstehung von Reflexbewegungen durch die gleichzeitige Erregung anderer Nerven gehindert werden kann. Es ist bis jetzt zwischen diesen Annahmen noch nicht entschieden. Ob sich die erstere nicht würde prüfen lassen, wenn man für einen sehr kleinen Hautzweig seinen peripheren Verbreitungsbezirk bestimmte und dann in einem Versuch denselben im Ganzen der Reizung unterwürfe und in einem andern ebenso das Nervenstämmchen?

VIII. Gesetzmässige Beziehungen der Rückenmarkreflexe zwischen Reiz und erfolgender Bewegung.

Die Erfahrung hat gezeigt, das zwischen den die Haut treffenden Reizen und den erfolgenden Bewegungen gesetzmässige Beziehungen bestehen, welche in eine Anzahl von Regeln zusammenfassbar sind. Diese Formulirungen hat PFLÜGER [1] gegeben. Derselbe stellte die folgenden Reflexionsgesetze auf. Wenn einem Hautreize eine einseitige Bewegung am Körper folgt, so liegt diese stets auf der gereizten Seite — Gesetz der gleichseitigen Leitung für einseitige Reflexe. Fügen sich den Bewegungen auf der gereizten Seite solche der anderen hinzu, so treten diese in den Muskeln auf, welche auf der primär erregten Seite betroffen waren. Es können mithin doppelseitige Reflexe nie in gekreuzter Richtung auftreten. So kann man z. B. durch Erregung der sensiblen Nerven einer hinteren Extremität nie diese nebst der vorderen der entgegengesetzten Seite allein erregen. Erst dann gelingt letzteres, wenn am Reflexpräparat noch ein die Pyramidenkreuzung enthaltendes Stück der medulla oblongata sich vorfindet. Von einem speciellen Falle gekreuzten Reflexes berichtet GERGENS [2] — Gesetz der Reflexsymmetrie. Wenn der auf einer Seite angebrachte Reiz auf beiden Seiten Reflexe der Art auslöst, dass sie auf einer Seite heftiger als auf der andern sind, so finden die stärkern Bewegungen auf der gereizten Seite statt — Gesetz des ungleich intensiven Auftretens bei doppelseitigen Reflexen. Wenn in Folge der Reizung eines Empfindungsnerven primär ein motorischer Nerv angeregt worden

1 PFLÜGER, Ueber d. sensorischen Functionen d. Rückenmarks. Berlin 1853.
2 GERGENS, Ueber gekreuzte Reflexe. Arch. f. d. ges. Physiol. XIV. S. 340. 1877.

ist, und nun die Erregung auf andere entferntere motorische Bezirke übergeht, so geschieht diese Fortschreitung im Gehirn nach hinten und im Rückenmark nach oben, also in beiden Fällen in der Richtung gegen das verlängerte Mark — Gesetz der intersensitiv-motorischen Bewegung und Reflex-Irradiation.

IX. Reflexe von verschiedenartigen Nerven ausgelöst.

Bekanntlich sind es die Ausbreitungen der Nerven in der äusseren Haut und den Schleimhäuten, durch deren Erregungen zumeist die Reflexbewegungen ausgelöst werden. Auch die höhern Sinnesnerven erweisen sich dazu tauglich. Weniger geläufig sind die als Muskel- und Sehnenreflexe bekannten Bewegungen, welche durch Reizung der in den Muskeln und Sehnen sich ausbreitenden Nerven entstehen. Ueber diese mögen, da sie theilweise den practischen Arzt interessiren, hier einige Bemerkungen stehen. SACHS [1] giebt an, durch die directe Reizung des m. sartorius beim Frosche, sowie durch die des zu demselben gehenden Nervenstämmchens Reflexbewegungen erhalten zu haben. ERB [2] und WESTPHAL [3] beobachteten, dass durch schnelle Schläge, welche man auf das ligamentum patellare des Menschen ausübt, Zuckungen im quadriceps entstehen. Aehnliches melden sie von anderen Sehnen. Derartige Reflexe sollen auch bei Kaninchen vorkommen und nach hohen Durchschneidungen des Rückenmarkes in der Gegend des dritten Brustwirbels noch fortbestehen.[4] ERB sieht in jenen Bewegungen Reflexbewegungen, welche durch die mechanische Reizung der in den Sehnen sich verbreitenden Nervenfasern entstehen. WESTPHAL machte auf die Möglichkeit aufmerksam, dass es sich dabei um eine directe Reizung des Muskels durch Ausdehnung handeln könne. Da aber nach SCHULTZE die beim Kaninchen gesehenen Sehnenreflexe nach Durchschneidung der bezüglichen Muskelnerven aufhören, so wird wohl ERB's Deutung richtig sein. Es liegt nahe, anzunehmen, dass einzelne Sehnen mit mehr Nervenverbreitungen, vielleicht auch mit besonderen Eigenthümlichkeiten derselben versehen seien, als man bisher wusste. In der That hat auch ROLLET [5]

1. C. SACHS, Physiologische u. anatomische Untersuchungen über d. sensiblen Nerven d. Muskeln. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874. S. 175. 188.

2 ERB, Ueber Sehnenreflexe. Verh. d. naturhist.-med. Ver. z. Heidelberg I. S. 137. 1855.

3 C. WESTPHAL, Ueber einige Bewegungserscheinungen an gelähmten Gliedern. Arch. f. Psychiatrie. V. S. 792. 1875.

4 FR. SCHULTZE u. P. FÜRBRINGER, Experimentelles über d. Sehnenreflexe. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. Nr. 54. S. 929.

5 A. ROLLET, Ueber einen Nervenplexus etc. Sitzgsber. d. Wiener Acad. 3. Abth. LXXXIII. Jan.-Hft. 1876.

in der Sehne des M. sterno-radialis des Frosches die Existenz eines reichen Nervenplexus mit besondern, von ihm Nervenschollen genannten, Bildungen entdeckt, aber es ist ihm nicht gelungen, weder von der Sehne des genannten Muskels Reflexe auszulösen, noch auch jenes Verhalten in sichere Beziehung zu irgend einem anderen Reflexe, etwa dem Umarmungsreflexe bei der Begattung, zu bringen.

X. Centra einzelner reflectorischer Bewegungen.

Die Bewegungen, welche man durch Reizung einer bestimmten Stelle reflectorisch hervorrufen kann, sind je nach der Intensität und Dauer des Reizes in Energie und Ausdehnung verschieden. Indess zeigt sich im Allgemeinen die Gesetzlichkeit, dass unter nicht künstlich abgeänderten Verhältnissen der Erregbarkeit der Nerven und Centralorgane den schwächsten Reizen, welche einen sensiblen Punkt treffen, stets dieselbe Bewegung entspricht. Wären wir im Stande eine leicht zu handhabende Scale der Intensität der Reize einzuführen, so würde sich mit hoher Wahrscheinlichkeit für jeden angewandten Reizgrad auch ein und dieselbe Energie und Ausdehnung der Bewegung für verschiedene gereizte Hautpunkte ergeben, wenigstens innerhalb gewisser Grenzen. Solche Untersuchungen haben sich zur Zeit so scharf nicht ausführen lassen, als man sie sich vorstellt. Indess hat sich soviel, wenigstens für die äussere Haut, ausserdem aber auch noch für manche andere Orte, ergeben, dass den schwächsten Reizen isolirte Bewegungen der Muskeln folgen, welche die Gliederabtheilung bewegen, der die gereizte Hautstelle angehört, oder es combiniren sich damit nur noch die nächst nachbarlichen. Verstärkt man die Reize, so gut als es eben nach einer Ueberschlagung geschehen kann, so treten zunächst Bewegungen in anderen Gliederabtheilungen derselben Seite ein und bei weiterer Verstärkung kommen auch die Muskeln der anderen Seite an die Reihe. Hiernach hängen die Theile des Mechanismus, welcher innerhalb des Centralorgans die Umwandlung und Uebertragung der incitirenden Erregungen in und auf motorische besorgt, miteinander zusammen. Dieser Zusammenhang besteht nicht an allen Orten mit gleicher Innigkeit, so dass bei einigen gewisse incitirende Erregungen, innerhalb weiter Grenzen ihrer Intensität sich stets auf dieselben motorischen Elemente erstrecken, während bei anderen mit geringern Aenderungen ihrer Intensität sich auch sofort die Bewegungsart ändert. Auch zeigt die Erfahrung, dass die centralen Abtheilungen des Reflexmechanismus für einzelne reflectorische Bewegungen mehr oder weniger

trennbar von einander sind, ohne dabei von der Bedeutung, die sie für jene haben, etwas Wesentliches einzubüssen. Solche Abtheilungen hat man als die Centren gewisser, einzelner reflectorischer Bewegungen bezeichnet und sie nach ihren hauptsächlichsten Eigenschaften studirt. Ich berichte nunmehr über die hierher gehörigen Bestrebungen.[1]

1. *Centrum für die reflectorische Pupillarbewegung.*

Die schon unvollkommen von GALEN gekannte reflectorische Pupillarbewegung ist als solche zum ersten Male richtig von WHYTT zergliedert worden, wenn auch nicht genau in den Vorstellungs- und Ausdrucksweisen, wie wir dies heute zu thun pflegen.[2] Die dabei betheiligten peripheren Nerven lehrte MAYOW[3] kennen, der auch schon nachwies, dass der Trigeminus mit dieser Erscheinung Nichts zu thun habe. Beim Menschen steht je ein Opticus mit beiden nn. oculomotorii in reflectorischer Beziehung, bei den meisten Thieren jedoch nur mit dem seiner Seite. Dieser Zusammenhang kann bei jenem bei cerebraler Erblindung bestehen bleiben. Als Stelle der Uebertragung des durch den Opticus eingeleiteten Innervationsvorganges auf den Oculomotorius wies FLOURENS die Zweihügel bei Vögeln und die Vierhügel bei Säugethieren nach. Er zeigte, dass eine vollständige Durchschneidung oder vollständige Abtragung dieser Gebilde die Contraction der Iris aufhebt. Er gebraucht zwar nicht den Ausdruck reflectorisch bei der Beschreibung seiner Versuche, aber man muss aus dem Zusammenhang schliessen, dass er die durch Lichtreizung des Auges hervorgerufene Irisbewegung meint. BUDGE[4] suchte die Stelle der Uebertragung innerhalb der Vierhügel noch näher zu bestimmen und kam zu der Meinung, dass sie in der innern Hälfte des vorderen Vierhügels bei Säugethieren gelegen sei. KNOLL[5] behagt dieser Ausdruck nicht, weil bei den dieser Ansicht zu Grunde liegenden Versuchen der macroscopische Verlauf der Sehnerven verletzt wird, und es ihm nicht gelang, bei solchen Zerstörungen der vorderen Vierhügel, welche die macroscopischen Verhältnisse des Opticus und Oculomotorius intact liessen, die reflectorischen Irisbewe-

1 Die hier gemachten Mittheilungen werden sich auch an anderen Stellen dieses Buches finden. Da sie jedenfalls in der Form, vielleicht auch in der Sache von jenen abweichen, so erblicke man darin keinen Nachtheil. Derartige Verschiedenheiten tragen stets, wenn sachlich aufgefasst, zur Klärung dunkler Gebiete bei.

2 The works of ROB. WHYTT etc., published by his son. Edinburgh 1768. p. 64.

3 H. MAYOW, Anatomical and physiol. commentaries. No. II. p. 4 ff. July 1823.

4 BUDGE, Ueber die Bewegungen der Iris. 1855.

5 KNOLL, Beiträge zur Physiologie der Vierhügel. Eckhard's Beitr. z. Anat. u. Physiol. IV. S. 109.

gungen aufzuheben. Man kann sich indess wohl bis auf Weiteres dahin ausdrücken, dass eine vollständige Zerstörung der vorderen Vierhügel die in Rede stehende Bewegung aufhebt, zugleich aber das Bedürfniss nach einer weitergehenden Untersuchung bekennen. Ich bemerke bei dieser Gelegenheit, dass es stets sein Missliches haben wird, die Lage irgend eines reflectorischen Centrums in der Weise allein zu bestimmen, dass man es an den Ort setzt, dessen Verletzung eine bestimmte reflectorische Bewegung aufhebt. Eine solche Operation kann nur irgend eine der betheiligten Nervenbahnen verletzt haben. Man wird jene immer nur näherungsweise in gewisse Grenzen einschliessen können, indem man andrerseits die Stellen ausmittelt, deren Verletzung die jedesmalige reflectorische Bewegung nicht stört.

2. *Centrum für das reflectorische Augenblinzeln.*

Bekanntlich kann das reflectorische Augenblinzeln durch starke Erregungen des Opticus sowohl als auch durch Trigeminusfasern von der Conjunctiva her ausgelöst werden. Ob die Centren für beide an derselben Stelle liegen und dieselbe Ausdehnung haben, ist nicht bekannt. Für die zweite Erregungsart liegt es nach Exner[1] in der Nähe der Spitze des calamus scriptorius, oder ragt wenigstens bis dorthin.

3. *Die reflectorische Erregung der Centra ciliospinalia,*

über deren Existenz und Lage der folgende Abschnitt nachzusehen ist, scheint eine verhältnissmässig seltene Erscheinung zu sein. Budge behauptet, sie bei Reizung der hinteren Wurzeln des siebenten Hals- bis zweiten Brustnerven beobachtet zu haben. Salkowski[2] hat zwar später bei Reizung des n. dorsalis pedis und auricularis des Kaninchen Erweiterung der Pupille gesehen, aber es ist zweifelhaft, ob dieselbe in die Kategorie der ächten Reflexbewegungen zu verweisen ist.

4. *Centrum für die Schluckbewegungen.*

Die Grenzen desselben sind anatomisch noch nicht bestimmt. Wir legen es hypothetisch in den Boden des vierten Ventrikels, von wo aus es möglicher Weise bis zu den Oliven ragt und zwar mit Rücksicht darauf, dass die centrifugalen und centripetalen Nerven, welche sich beim Schlingacte betheiligen, dort in ihre Nervenkerne

---

1 Exner, Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Processe. Arch. f. d. ges. Physiol. VIII. S. 530.

2 Salkowski, Ueber das Budge'sche Ciliospinal-Centrum. Zeitschr. f. rat. Med. (3) XXIX. S. 166. 188. 1867.

eintreten[1] und nach einem Versuche von VULPIAN[2] an jungen Katzen nach Wegnahme aller vor dem verlängerten Mark liegenden Theile das Schlucken noch möglich ist, während dies nach ausgiebiger Zerstörung der letzteren nicht mehr ausgeführt werden kann. Nach Versuchen von MOSSO[3] setzt sich dieses Centrum aus Theilen zusammen, welche dergestalt mit einander verkettet sind, dass wenn einer davon erregt wird, diese Erregung auf die anderen in der Reihenfolge übertragen wird, dass die motorischen Bahnen des Schlundes successive von oben nach unten angeregt werden. Es liegt also der Wellenbewegung der Speiseröhre vom Pharynx nach dem Magen hin eine Thätigkeit im verlängerten Mark zu Grunde, die, einmal entstanden, daselbst in einer bestimmten Weise vorschreitet, ohne dass sie durch den hinabgleitenden Bissen von Neuem der Anregung bedarf. Zugleich besitzt diese Erregung im Mark die Eigenthümlichkeit, dass wir sie zwar willkührlich anregen, aber, einmal entstanden, in ihrem weiteren Vorschreiten nicht hemmen können.

5. *Centren für reflectorische Secretionen.*

Ein der Speichelsecretion dienendes, reflectorisch erregbares Centrum ist gleichfalls weder anatomisch abgegrenzt, noch seinem Bau nach bekannt. Vermuthungsweise setzen wir es ebenwohl in den Boden der Rautengrube. Den Grund dazu entnehmen wir aus der Erfahrung, dass man bei mechanischen Verletzungen dieser Gegend so reichliche Speichelsecretion einleiten kann, wie es durch mechanische Reizung der peripherischen Speichelnerven nicht gelingt.[4] Dieses Centrum ist durch die sensitiven Zweige des n. lingualis trigemini und glossopharyngeus isolirt zu erregen. Merkwürdig ist es, dass dasselbe auch durch den n. ischiadicus und den n. splanchnicus reflectorisch angeregt werden kann, also durch Bahnen, die theilweise mit dem gesammten Muskelapparate des Skelets in reflectorischer Beziehung stehen.[5] Höchst wahrscheinlich liegen im Boden des vierten Ventrikels noch andere, reflectorisch erregbare Centren für verschiedene Secretionen. Es ist bekannt, dass die Thränense-

1 Man vergl. hierzu einen auf anatomische Erwägungen gestützten Versuch, die Lage dieses Centrums zu bestimmen bei SCHRÖDER v. d. KOLK, Bau u. Physiol. d. med. spin. u. obl. Uebersetzt von THEILE. S. 175. 1859.

2 VULPIAN, Leçons sur la physiol. etc. p. 497. Paris 1866.

3 MOSSO, Ueber die Bewegungen der Speiseröhre. Molesch. Unters. XI. S. 327. 1874.

4 LOEB, Ueber die Secretionsnerven der Parotis und über Salivation nach Verletzung des vierten Ventrikels. Meine Beiträge. V. S. 1. 1870.

5 OWSJANNIKOW u. TSCHIRIEW, Mélanges biologiques etc. de St. Petersb. VIII. und Bull. d. Petersb. Acad. XVIII. S. 26; GRÜTZNER, Beitr. z. Physiologie d. Speichelsecretion. Arch. f. d. ges. Physiol. VII. S. 522.

cretion sehr leicht durch die sensitiven Conjunctivalzweige des Trigeminus angeregt werden kann. Da der dabei betheiligte centrifugale Nerv ebenfalls dem Trigeminus angehört und dieser anatomisch und physiologisch bis zum verlängerten Mark und dem alleroberstenTheil des Rückenmarks und nicht weiter verfolgt worden ist, so ist zu vermuthen, dass dies Centrum nicht leicht über jene Stellen hinausliegen kann. Es ist endlich anzuführen, dass, da einerseits vom Vagus und seinen Zweigen reflectorisch Diabetes[1] hervorzurufen ist, wenn auch nicht mit Vermehrung der Harnmenge, andrerseits die vorzüglichste Stelle seiner centralen Erzeugung ebenwohl eine ziemlich beschränkte Stelle des verlängerten Marks ist, die Annahme für das Vorhandensein eines reflectorisch erregbaren Diabetescentrums im verlängerten Mark naheliegt.

6. Reflexcentra für den Afterschliesser und die Entleerung der Blase.

Ueber die reflectorischen Wirkungen dieser im nächsten Abschnitt ihrer Lage und sonstigen Eigenschaften nach zu beschreibenden Centren ist Folgendes in Erfahrung gebracht worden. Die Reize für die reflectorische Entleerung der Blase unter dem alleinigen Einflusse des vom übrigen Rückenmark getrennten Lendenmarks bestehen in Druck auf die untere Bauchgegend, Berührung der Vorhaut und Kitzeln der Aftergegend. Die motorischen Bahnen dieser Reflexbewegung sind noch nicht genauer studirt worden. Es wäre wünschenswerth, dass dies geschähe, da eine darauf gerichtete Untersuchung auf die noch nicht näher geprüfte Angabe GIANNUZZI's[2] zurückzukommen hätte, dass die Blase durch zwei Nervenarten in zwei verschiedene Formen der Zusammenziehung gebracht werden könne. Um den Afterschliesser zu erregen, ist die Berührung der Schleimhaut des Afters ein geeignetes Mittel. Beim Hunde geschehen nach Trennung des bezüglichen Centrums von den anderen Theilen des Marks die Bewegungen rhythmisch.[3]

7. Centrum der Utero-Vaginalbewegungen.

Ueber die Stellung des Nervensystems zu den Bewegungen des Uterus und der Vagina ist verhältnissmässig Viel gearbeitet worden. Es ist nicht meine Aufgabe, das gesammte, auf diesen Punkt sich

1 BERNARD, Leçons sur la physiol. et la pathol. du système nerveux. II. p. 442. C. ECKHARD, Ueber den Morphiumdiabetes. Meine Beiträge. VIII. S. 95. FILEHNE, Melliturie nach Depressorreizung beim Kaninchen. Centralbl. f. d. med. Wiss. Nr. 18. S. 321. 1878.

2 GIANNUZZI, Journal de la physiol. 1863. VI. 22.

3 GOLTZ, Ueber d. Funct. d. Lendenmarks. Arch. f. d. ges. Physiol. VIII. S. 481.

beziehende Material hier zu reproduciren, ich habe nur dasjenige zusammenzustellen, welches für die Behauptung spricht, dass innerhalb des Cerebrospinalsystems Orte vorhanden sind, welche man als reflectorische Centren jener Bewegungen ansprechen kann. Uterus und Vagina zeigen am nicht schwangeren Kaninchen nach einer Blosslegung, bei welcher jene kein merklicher Reiz trifft, während bis zu einer halben Stunde reichenden Zeit in der Regel keine sehr in die Augen fallende Bewegung; es giebt aber Fälle, namentlich bei trächtigen Thieren, in denen, wahrscheinlich durch bei der Blosslegung unabsichtlich gesetzte Reize Bewegungen auftreten, die sich, einmal angefacht, mehrmals wiederholen können, ohne dass scheinbar ein neuer Reiz hinzutritt; sie beruhigen sich aber bald wieder. Bei Hunden und Katzen sind derartige Bewegungen seltener und träger. Für diese Bewegungen scheint man im Cerebrospinalorgan ein Centrum annehmen zu müssen, da sie nach der Trennung sämmtlicher Uterinnerven, ja schon nach der des Plexus hypog. posterior, verschwinden [1], wenn sie sich auch unmittelbar nach der Operation einige wenige Male wiederholen können, und Uterus und Vagina noch fähig sind, auf sie treffende Reize noch fortschreitende Contractionen zu zeigen. Unterstützt wird diese Annahme durch die Erfahrung, dass man in dem ruhigen Utero-Vaginalkanal durch Reizung verschiedener Abschnitte des Gehirns und Rückenmarks Bewegungen hervorrufen kann. Diese Nerventheile hier sämmtlich zusammenzustellen, ist jetzt für uns kein Punkt von Belang. Auf ein Centrum weist auch die besonders durch SCANZONI bekannt gewordene Erfahrung hin, dass man durch Reizung der Brustwarze reflectorische Uteruscontractionen hervorzurufen vermag. Neuere Erfahrungen haben das so vermuthete Centrum sicher gestellt. SCHLESINGER [2] konnte durch centrale Reizung des Plexus brachialis Uterusbewegungen erzeugen, welche aber versagte, wenn das Halsmark in der Gegend des Atlas abgetrennt worden war. Auch soll nach demselben Autor die Absperrung des Blutstroms nach dem Gehirn vor der Durchschneidung an genannter Stelle Uteruscontractionen hervorrufen, welche nach dieser Operation fehlen. Dies sagt, dass ein reflectorisch wirkendes Centrum für den Utero-Vaginalkanal oberhalb jener Stelle liegt, oder doch bis dorthin ragt. Da sich aber ferner ergeben hat, dass nach Durchschneidung des Halsmarks auf centrale Reizung des

---

1 F. A. KEHRER, Ueber die Zusammenziehungen des weiblichen Genitalkanals. S. 28. 1863.

2 W. SCHLESINGER, Ueber Reflexbewegung d. Uterus. Wiener med. Jahrbücher. Redig. v. Stricker. S. 1. 1873.

Hüftnerven noch Uteruscontractionen eingeleitet werden können, so ist dies ein Beweis dafür, dass auch das Rückenmark noch Centraltheile für jene in sich schliesst. Auch der Umstand, dass nach am Occiput durchschnittenem Mark selbst die centrale Reizung des Plexus brachialis sich reflectorisch wirksam erweist, wenn man vorher das Thier strychninisirt hat, spricht in demselben Sinn. Der im Rückenmark liegende Theil des Centrums für die Utero-Vaginalcontractionen scheint vorzugsweise im Lendenmark entwickelt zu sein. GOLTZ [1] sah nach der Durchschneidung desselben an seiner vorderen Grenze bei einer Hündin diese trächtig werden und den Geburtsact ohne Kunsthilfe vor sich gehen und RÖHRIG [2] sah nach der Durchschneidung des Marks die nach Strychninisirung auftretenden Uteruscontractionen fehlen, wenn das Lendenmark zerstört wurde. Auch soll nach einer Angabe des letzteren dyspnoisches Blut nach Zerstörung des Lendenmarks die Uteruscontractionen nicht mehr erregen, was bei Unverletztheit desselben geschieht. Von einer Wirkung dieses Centrums, dessen Erstreckung in das verlängerte Mark hinein übrigens noch genauer zu studiren ist, ohne reflectorische Anregung ist im normalen, nicht schwangeren Zustande Nichts bekannt.

8. Die reflectirenden Eigenschaften des Athmungscentrums und die des regulirenden Herznervencentrums

werden an anderen Stellen dieses Lehrbuchs besprochen werden. Was über die der Gefässnervencentra zu sagen ist, will ich, um die Lehre von den Gefässnerven nicht allzusehr zu zerreissen, im folgenden Abschnitt vorbringen. Es sollen nur noch die reflectorischen Centren für die Lymphherzen und die Körpermusculatur besprochen werden.

9. Die Centren der Lymphherzenbewegung.

Von den tonischen Eigenschaften derselben werde ich in dem Abschnitt über die automatischen Erregungen des Rückenmarks ein Mehreres sagen. Hier will ich nur Dasjenige hervorheben, was über die reflectorischen Einwirkungen auf dieselben bekannt geworden ist. JOH. MÜLLER [3] beobachtete, noch ehe man die Stellen des Rücken-

---

1 F. GOLTZ, Ueber den Einfluss des Nervensystems auf die Vorgänge während der Schwangerschaft und des Gebäractes. Arch. f. d. ges. Physiol. IX. S. 552. 1874. Nach VALENTIN, Lehrb. d. Physiol. d. Menschen. II. 2. Abth. S. 480. 1848 wäre Aehnliches vom menschlichen Weibe bekannt, ich kann darüber aber keine mich befriedigende Originalmittheilung auftreiben.

2 A. RÖHRIG, Experimentelle Untersuchungen über die Physiologie der Uterusbewegungen. Arch. f. pathol. Anat. LXXVI. S. 1. 1879.

3 J. MÜLLER, Ueber die Lymphherzen der Schildkröten. Vorgetragen in der kgl. Acad. d. Wiss. zu Berlin am 14. Oct. 1839. Berlin 1840. S. 4.

marks kannte, von denen der Hauptsache nach die Bewegungen der Lymphherzen abhängen, dass man reflectorisch auf diese wirken könne. Er sah, wie bei einer geköpften Schildkröte an den bereits geschwächten Bewegungen der Lymphherzen diese sich jedesmal zusammenzogen, falls er die Hinterbeine mechanisch reizte. Auch für den Frosch ist später Aehnliches beobachtet worden, sowohl beim Kneifen der Zehen, als auch bei der Reizung der centralen Stümpfe einzelner Nerven. Endlich ist noch zu erwähnen, dass nach GOLTZ[1] bei Reizung der Eingeweide diastolischer Stillstand der Lymphherzen entsteht. Bei all diesen reflectorischen Wirkungen, die letztere nicht ausgenommen, treten zugleich reflectorische Bewegungen der Körpermuskeln auf. SUSLOWA[2] hat unter dem Einfluss von SETSCHENOW die GOLTZ'sche Erfahrung im Interesse der Rettung der Hemmungsmechanismen des letzteren verwerthet. Dabei werden die Lymphherzen als Analoga der Reflexbewegungen der Körpermuskeln angesehen und dann von ihnen gezeigt, dass sie wie diese einerseits nach Entfernung des Gehirns in verstärkte Thätigkeit, und andrerseits in diastolischen Stillstand verfallen, wenn die sogenannten Hemmungsmechanismen gereizt werden. Die Gegner der spezifischen Hemmungsmechanismen im Gehirn sind noch nicht ausführlich auf diese Versuche und Betrachtungen eingegangen. Es dürfte ein solches Unternehmen auch wenig erspriesslich sein. Gesetzt, es liessen sich keine gegnerischen Thatsachen, wie sie oben bei den Hemmungsmechanismen der Reflexbewegungen angezogen wurden, auffinden, so könnten immerhin für die Lymphherzen specifische Hemmungsapparate bestehen, nicht aber für die Reflexbewegungen. Man kann ausserdem die Berechtigung des Vergleichs beider Bewegungsarten dadurch bestreiten, dass man sagt, das wahre Analogon zu den Reflexbewegungen der Körpermuskeln würden im Gebiete der Lymphherzenbewegung die reflectorischen Aenderungen derselben sein, die man bei ihnen durch Reizung von Hautnerven erzielen kann.

10. *Reflexcentra für einzelne Abtheilungen der Körpermusculatur.*

Beim Frosche kann man nach Entfernung des Gehirns, einschliesslich des verlängerten Marks, bei hinlänglich intensiver Reizung von irgend einem beliebigen Hauttheil aus, in allen noch vorhandenen Körpermuskeln Reflexe auslösen. Bei Säugethieren scheint dies an-

1 GOLTZ, Reflexhemmung der Bewegung der Lymphherzen. Centralbl. f. d. med. Wiss. S. 17. 1863.

2 SUSLOWA, Beiträge zur Physiologie der Lymphherzen. S. 23. 24. Zürich 1867.

ders zu sein. Bei Kaninchen erhält man bei der Reizung der Haut einer Extremitätenart, der vorderen z. B. nur dann noch Reflexe in der andern, z. B. der hinteren, welche Reflexe man wohl allgemeine genannt hat, wenn von dem verlängerten Mark zum Mindesten noch etwas mehr als das untere Drittel vorhanden ist. Wird aber dies entfernt, so sind nur noch örtliche Reflexe zu erhalten, das heisst, die Reizung der Haut einer hinteren Pfote giebt keine Bewegung in der vorderen mehr, sondern nur noch in den hinteren und in dem Schwanze, und umgekehrt. Beachtenswerth aber ist es, dass in letzterem Falle das Strychnin noch allgemeine Reflexkrämpfe hervorbringt. Während also für geordnete allgemeine Reflexe im Rückenmark kein reflectirendes Organ vorhanden ist, besteht daselbst eins für allgemeine Reflexkrämpfe, das jedoch, so lange sich das Rückenmark unter normalen Verhältnissen befindet, vollkommen latent ist, und durch eine Strychningabe erst aus diesem Zustande geweckt und zu wirklicher Thätigkeit angefacht wird.[1] Freilich wird vorerst wohl nichts im Wege stehen, wenn man sich gemäss Dem was oben S. 42 über die Wirkungsart des Strychnins erwähnt wurde auch hier so ausdrückt, dass man sagt, das Gift räume nur gewisse vorherbestandene Hindernisse weg.[1] Man hat ferner noch den Versuch gemacht, diejenigen Orte des Rückenmarks näher zu bestimmen, welche für die ungestörten reflectorischen Bewegungen ganzer Glieder, oder einzelner Bewegungsformen für Abtheilungen solcher vorhanden sein müssen, und spricht wohl zufolge der dabei gemachten Erfahrungen von einzelnen reflectorischen Centren innerhalb des gesammten Rückenmarks. So geben Masius und Vanlair[2] an, dass, falls ich dieselben richtig verstehe, das Reflexcentrum für die vorderen Extremitäten des Frosches 1 bis 1½ mm. vor dem Abgang des zweiten Rückenmarksnervenpaares beginne und mit einer Ausdehnung von 3—3½ mm. unterhalb des Abganges des dritten Nervenpaares reiche, so dass also bei Integrität dieser Stelle von jedem Punkte der Haut der vorderen Extremitäten, noch solche Bewegungen an den vorderen Extremitäten hervorgerufen werden können, wie beim unverletzten Rückenmark, jeder Eingriff aber in jenes Stück die Reflexbewegungen der vorderen Extremität in irgend einer Art störe. Für die hintere Extremität des Frosches geben dieselben Forscher die Länge des Marks an, welche von der Gegend des vierten bis sech-

---

1 Owsjannikow, Ueber einen Unterschied in d. reflectorischen Leistungen des verlängerten und des Rückenmarks. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 19. Nov. 1874.

2 Masius u. Vanlair, Recherches expérimentales etc. Mémoires couronnés etc. de l'acad. etc. de Belgique. XXI. p. 23. 1870.

sten Wirbels reicht. KOSCHEWNIKOFF[1] hatte sich bereits vor den genannten Autoren mit dieser Bestimmung befasst; die seine weicht nicht nennenswerth von der durch MASIUS und VANLAIR gegebenen ab. Letztere haben versucht, das Reflexcentrum für die hinteren Extremitäten noch weiter zu zerlegen, und sprechen von so vielen Centren als Nervenpaare mit jenem verknüpft sind. Falls ich nichts in der Arbeit der belgischen Forscher übersehen habe, möchte ich Zweifel an der Richtigkeit dieser Angaben aussprechen. Ich finde im Allgemeinen mit SANDERS-EZN, wie oben S. 32 angegeben, dass das zur Auslösung von Reflexen ungeeignete Ende des Rückenmarks des Frosches schon unterhalb des siebenten Nervenpaares beginnt, und dass in den Gegenden des 8—10. Rückenmarksnervenpaares sich überhaupt die gesammten Bedingungen für Reflexe nicht mehr finden. Es kann also auch von einem Reflexcentrum des 8—10. Nervenpaares, welches an den Ursprungsstellen des jedesmaligen Paares läge, keine Rede sein. Für MASIUS und VANLAIR ist nur das Stück nach Abgang des letzten Nervenpaares unfähig, Reflexe zu geben. Gelegentlich mag mitgetheilt werden, dass das Rückenmarksstück des Frosches, welches unterhalb des Abgangs des 10. Nervenpaares liegt, bei Reizungen Bewegungen giebt, die bei Anwesenheit des Gehirns anders als bei Abwesenheit desselben ausfallen. Diese Beobachtung hat zuerst KOSCHEWNIKOFF gemacht. Von den Bedingungen, welche am Rückenmark erfüllt sein müssen, damit noch gewisse Bewegungsformen an den hinteren Gliedmassen auftreten, hat SANDERS-EZN gehandelt.[2]

XI. Ueber die bei den Reflexerscheinungen thätigen Nervenelemente.

Die Frage nach diesen tritt in der Lehre von den Reflexbewegungen in einer bestimmten Form zuerst bei M. HALL hervor. Wenn vor diesem von der Bethätigung des Nervensystems bei den fraglichen Erscheinungen die Rede war, so handelte es sich dabei stets nur um grössere Theile, nicht wie hier um Elementartheile desselben. M. HALL nahm bekanntlich ein besonderes, excitomotorisches Nervensystem als Grundlage für die Reflexbewegungen innerhalb des Rückenmarks an, so dass dieses aus zwei völlig von einander unabhängigen Theilen bestehen sollte. Der eine Bestandtheil sollte der bewussten Empfindung und willkührlich motorischen Bewegung dienen,

1 KOSCHEWNIKOFF, Ueber die Empfindungsnerven der hinteren Extremitäten. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868.

2 SANDERS-EZN, Vorarbeit für die Erforschung etc. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 21. Mai. 1867.

der andere, von HALL das eigentliche Rückenmark genannt, jenes excitomotorische, für die Reflexbewegungen bestimmte Fasersystem sein, so dass also jede Hautstelle und jeder Muskel mit zwei Faserarten versehen wäre, die sich daselbst jedesmal neben einander fänden und wovon keine den Dienst der anderen übernehmen kann. Anatomische Merkmale, an denen das System der einen oder anderen Faserart erkannt werden könne, hat M. HALL nicht angegeben. Auch scheint er keine tiefer gehenden Prüfungen über die etwaige Nothwendigkeit dieser Unterscheidung vorgenommen zu haben; in seinen Schriften ist für die letztere kein anderer Grund aufzufinden, als die Beobachtung, dass durch Decapitation des Thieres bewusste Empfindung und willkührliche Bewegung verloren gehen und er dabei unterstellt, dass die diesen Functionen dienenden Nervenwege auf ihrer ganzen Länge paralysirt werden, kein Grund für anderweitigen Gebrauch vorhanden wäre.[1] GRAINGER[2] adoptirte diese Scheidung und durch die von ihm angeblich schärfer als zuvor gemachte Beobachtung über den theilweisen Zusammenhang der Wurzeln der Rückenmarksnerven mit der grauen Substanz des Rückenmarks behauptete er, dass das excitomotorische Fasersystem M. HALL's durch die graue Substanz und diejenigen Fortsetzungen der Nervenwurzeln, welche sich bis zu dieser verfolgen lassen, dargestellt werde, während die der Empfindung und willkührlichen Bewegung dienenden Bestandtheile der Nervenwurzeln, ohne die graue Substanz zu berühren in den weissen Strängen in die Höhe steigen. Diese Hypothese hat sich jedoch, wie der Abschnitt über die Leitungsverhältnisse im Mark nachweisen wird, nicht in dieser Fassung bestätigt, obschon zuzugeben ist, dass zur Zeit kein Reflexphänomen ohne Betheiligung der grauen Substanz bekannt ist. VOLKMANN[3] hat zuerst Zweifel über die Existenz eines besonderen excitomotorischen Fasersystems und zwar in der Weise erhoben, dass es ihm sehr unwahrscheinlich erschien, dass, da ein jeder Hautpunkt bewusst empfindet und auch zur Auslösung von Reflexbewegungen geeignet ist, daselbst sich zwei physiologisch verschiedene Nervenfasern verbreiten sollten. Heute, wo man weiss, dass an einzelnen Hautstellen von Punkten, an denen wir überhaupt noch experimentiren können, den Reflexen dienende Wege in zwei verschiedene Rückenmarksnerven, also in zwei verschiedene Primitivnervenfasern führen, darf

1 M. HALL, an vielen Stellen, z. B. New memoir on the nervous system. London 1843.

2 GRAINGER, Observations on the structure and functions of the spinal cord. London 1837. p. 46 ff.

3 VOLKMANN, Ueber Reflexbewegungen. Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 15. 38. 1838.

auf diesen Einwand kein so grosses Gewicht mehr gelegt werden.[1] Beiläufig bemerkt, hat VOLKMANN damals zuerst die Giltigkeit des BELL'schen Gesetzes für das geköpfte Thier bewiesen. Dass die den Reflexen dienenden Wege theilweise verschieden sind von denen, die der willkührlichen Bewegung und Empfindung dienen, geht schon aus dem Fortbestehen der Reflexe nach dem Köpfen des Thieres hervor und im letzten Abschnitte werden noch andere dies beweisende Thatsachen mitgetheilt werden. Die Frage ist nur die, ob in den peripherischen Bahnen bereits die beiden Arten von Innervationsvorgängen dienenden Nervenwege vollständig von einander getrennt verlaufen. Neuere Beobachter haben diese Frage bejaht und man muss die Möglichkeit einer solchen Beantwortung namentlich in Anbetracht des abgeschwächten VOLKMANN'schen Wahrscheinlichkeitsbeweises zulassen. Insbesondere sollten nach PASCHUTIN nur zwei motorische Wurzeln der vier zu der hinteren Extremität des Frosches gehenden Nervenpaare Reflexe, die beiden anderen willkührlich motorische Bewegung vermitteln und nach BERESIN[2] eine der hinteren Wurzeln derselben Nerven nur Incidenzfasern für die Reflexe führen. Diese Angaben sind jedoch als irrthümlich bewiesen worden.[3] Da sich somit kein Nerv hat entdecken lassen, der nur den Reflexen diene, so sind zwar damit Vorstellungen, wie sie PASCHUTIN und BERESIN aussprachen, zurückgewiesen, aber damit ist noch nicht die Frage erledigt, wie sich die Primitivfasern innerhalb eines peripherischen Nerven für die erwähnten Vorgänge verhalten. Hierüber liegen zur Zeit keine Erfahrungen vor, die in dem Sinne von M. HALL oder der anderen Ansicht sprächen. Man kann wohl mit Rücksicht auf den Umstand, dass, da es noch andere motorische Processe ausser den willkührlichen und Reflexbewegungen gibt, mithin man noch weitere Classen motorischer Fasern annehmen müsste, was zu einer unnatürlichen Complication führen würde, die Annahme einfacher finden, es seien die Nervenprimitivfasern ausser-

1 C. ECKHARD, Ueber Reflexbewegungen der vier letzten Nervenpaare des Frosches. Ztschr. f. rat. Med. VII. 1847; PEYER, Ueber die peripherischen Endigungen der mot. und sensibl. Fasern der in den Plex. brach. des Kaninchens eintretenden Nerven. Daselbst N. F. IV; TÜRCK, Vorläufige Ergebnisse von Experimentaluntersuch. zur Ermittelung der Hautsensibilitätsbezirke der einzelnen Rückenmarks-Nervenpaare. Sitzgsber. d. Wiener Acad. 1856.

2 BERESIN, Ein experimenteller Beweis, dass die sensiblen und die excitomotorischen Nervenfasern der Haut des Frosches verschieden sind. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1866. Nr. 9.

3 SANDERS-EZN, Vorarbeit für die Erforschung des Reflexmechanismus etc. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Abth. XIX. S. 17. 1867; KOSCHEWNIKOFF, Ueber die Empfindungsnerven d. hint. Extremitäten beim Frosche. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. S. 326; MASIUS et VANLAIR, Mémoires couronnés et autres mémoires publiés par l'acad. roy. d. sciences d. lettres et des beaux arts de Belgique. XXI. p. 19. 1870.

halb des Rückenmarks mehren Arten centrifugaler und centripetaler Innervationsvorgänge gemeinsam und erst innerhalb des ersteren zweigten sich die Bahnen für die einzelnen durch ihre Entstehungsart von einander verschiedenen Vorgänge ab, aber ein überzeugender Beweis dafür ist zur Zeit noch nicht geführt. In gleicher Weise sind wir sehr mangelhaft darüber unterrichtet, welche Elemente sich innerhalb des Rückenmarks bei der Entstehung der Reflexbewegungen betheiligen. Seit der Entdeckung der Ganglienzellen und insbesondere seitdem man in den 40er Jahren durch R. Wagner und Robin [1] Ausläufer an denselben und Zusammenhänge mit Nervenfasern des Gehirns und Rückenmarks kennen lernte, wurden diese Elemente als wichtige an der Entstehung der Reflexbewegungen sich betheiligende Bildungen angesehen. Es mag dieser Gedanke manchem der damaligen Physiologen gekommen sein, wie es scheint hat ihn jedoch R. Wagner [2] zuerst in unsere Literatur eingeführt. Es ist kein Zweifel, dass man die allermeisten der den Reflexbewegungen zukommenden Eigenthümlichkeiten unter Hinzuziehung dieser Gebilde bis zu einem gewissen Grade verständlich finden kann, namentlich, wenn man einige der neueren Zeit angehörige Beobachtungen über den Verlauf der Nervenwurzeln innerhalb des Marks hinzunimmt. Die oft weit reichende Ausdehnung der Reflexbewegung bei nur wenig ausgedehnter Hautreizung und der Uebertritt der Nerventhätigkeit von einer centripetal leitenden in eine centrifugal leitende Faser erscheinen uns angenehm anschaulich, namentlich wenn man sich auf die Bestimmtheit verlässt, mit welcher Stilling einen Theil der hinteren Nervenwurzeln zu den motorischen durch Ganglienvermittelung übertreten lässt. Auch die Länge der Reflexzeit erscheint uns begründet, da die Innervation durch ein Gebilde scheinbar anderen Baues als die Nervenfaser durchzusetzen hat. Es ist jedoch räthlich, neben den Empfehlungen, welche der Ganglientheorie zur Seite stehen, sich eine Anzahl von Thatsachen zu vergegenwärtigen, aus denen die Möglichkeit hervorgeht, dass den Reflexbewegungen ein anderer, als lediglich durch die Ganglien bewirkter Mechanismus zu Grunde liegt. Die weitgreifende Ausdehnung der Reflexe auf geringfügige Reize würde in gleicher Weise der Vorstellung durch jede Art reichlicher Verknüpfung der beiden Arten von Innervationswegen, etwa durch ein Nervennetz, zugänglich werden und ebenso würde es bei dieser Unterstellung keine besonderen Schwierigkeiten haben, auf die Erregung centripetaler Inner-

---

1 Siehe Wagner's Handwörterb. d. Physiol. III. 2. S. 361. 1846.
2 Ebendaselbst S. 399.

vationsvorgänge centrifugale auftreten zu sehen. Selbst die Verzögerung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit zu begreifen, würde bei Annahme eines Netzes keine absurden Voraussetzungen verlangen. Wenn wir uns auch den Innervationsvorgang nicht als einen fliessenden Strom vorstellen, der in Capillarien eine auffallende Verzögerung seiner Geschwindigkeit erfährt, so ist doch immerhin denkbar, dass er in so unendlich feinen Nervenwegen, wie sie in den Nervennetzen des Rückenmarks auftreten, einen grösseren Widerstand, als in den Fasern grösseren Calibers erführe. In der That hat man ja auch die Ganglienkörper nur deswegen für geeignet gehalten, die Reflexbewegungen zu vermitteln, weil sie sich wegen ihrer Ausläufer als die motorischen und sensiblen Fasern verbindende Glieder ansehen liessen; irgend eine andere Eigenschaft hat sie uns bei ihrer Entdeckung für diesen Zweck nicht empfohlen. Da die Axencylinder der mit den Ganglienkörpern zusammenhängenden Nervenfasern in die Substanz des Ganglienprotoplasmas übergehen, so scheint gar kein stofflicher Unterschied zwischen beiden Bildungen zu sein und da beide inmitten eines reichlichen Blutgefässnetzes liegen, so weiss man kaum noch einen stichhaltigen Grund dafür anzugeben, den Ganglienkörper mehr als das Netz zu betonen oder überhaupt jenen nur anzuführen. Es bleibt nur die Erfahrung noch übrig, dass der Ganglienkörper eine Zellenformation darstellt und man andere Functionen des Körpers oft von einer solchen ausgeübt sieht. Diese Bemerkungen sollen indess nur eine der möglichen Arten enthalten, sich das Zustandekommen der Reflexbewegungen ohne eine tiefere Mitwirkung des Ganglienkörpers, als einer in das Wegsystem zwischen beiden Faserarten eingeschalteten Anastomosen vermittelnden Bildung vorzustellen. Man muss, wenn man erwägt, dass möglicher Weise zur Erzeugung der Reflexbewegung die Centralorgane noch besondere physische Bedingungen, als blossen Zusammenhang zwischen centripetalen und centrifugalen Nerven zu vermitteln, enthalten, die wir zur Zeit noch gar nicht kennen, zugestehen, dass sich jene Bewegungsform noch auf andere Weisen vollziehen kann, ohne dass die Ganglienkörper eine wesentliche Rolle dabei spielen. Ich möchte diesen Gedanken nicht ausschliessen, wenn ich daran denke, dass von der Ganglienzelle keine einzige, ihr eigenthümliche, positive, physische Eigenschaft bekannt, für kein einziges peripheres Ganglion eines Wirbelthieres eine reflectorische Wirkung unbestritten aufgezeigt und die Reflexbewegung der wirbellosen Thiere durch gute Versuche noch nicht aufgeklärt ist. Mir fällt ferner auf, dass der untere, keine Reflexbewegungen gebende Theil des Rückenmarks

nicht auffallend ärmer an Ganglienzellen sein kann, als der Rest; dies wäre jedenfalls wohl schon bemerkt worden. Es lohnte sich wohl der Mühe, besonders nachzusehen, ob sich bezüglich der Ganglienzellen oder ihrer Verknüpfungen unter sich und mit den Nervenwurzeln Unterschiede am obern und untern Theile des Rückenmarks finden liessen. Wir kennen ausserordentlich viele empirische Merkmale der Reflexbewegungen, aber sie sind fast sämmtlich nicht darnach angethan, uns einen nur einigermassen befriedigenden Blick in ihre physische Entstehungsweise zu gestatten.

DRITTES CAPITEL.

Die tonischen Erregungen des Cerebrospinalorgans.

An den musculösen Theilen eines Thieres, an dem keine Spuren des Willens mehr bemerkbar sind, welches aber auf äussere Reize noch mehr oder weniger deutliche Reflexbewegungen zeigt, beobachtet man auch ohne absichtlich von uns angebrachte Reize eine Reihe von Contractionserscheinungen. Ein Theil derselben verschwindet mit der Zerstörung des Gehirns und Rückenmarks, ist also von diesen Theilen abhängig. Es ist Gebrauch geworden, diese Thätigkeiten der genannten Nerventheile als die tonischen Erregungen derselben zu bezeichnen. Die Physiologen sind darüber einig, dass dieselben nicht als eine charakteristische Gruppe den reflectorischen Erregungen gegenüber zu stellen sind, da einerseits sich bei genauerer Prüfung wenigstens für viele derselben ergiebt, dass sie zum grossen Theil, vielleicht in ihrem ganzen Umfange durch nicht leicht in die Augen fallende äussere Anregungen zu Stande kommen, also in Wirklichkeit mehr oder weniger reflectorische Erscheinungen sind, andrerseits bekannt geworden ist, dass ihre Erscheinungsweise in hohem Grade von der physischen Beschaffenheit der Centralorgane, namentlich von der Natur der diese jeweilig durchdringenden Flüssigkeit, der Temperatur, etc., abhängt, und die Vorstellung, welche wir uns dereinst von der Wirkungsart dieser Umstände zu machen haben werden, möglicherweise nicht wesentlich abweichen wird von derjenigen, welche über die reflectorischen Einwirkungen gebildet werden muss. So bleibt es dann auch der Willkühr der Darstellung über-

lassen, sie mit den reflectorischen Erscheinungen gemeinsam oder gesondert abzuhandeln. Indess welche Ordnung man auch vorziehen möge, gewisse Unbequemlichkeiten bleiben bei jeder Wahl bestehen. Im vorigen Capitel habe ich solche Erscheinungen beschrieben, welche einen vorherrschend reflectorischen Charakter hatten, in dem jetzigen sollen diejenigen an die Reihe kommen, bei denen scheinbar oder wirklich mehr die tonische Wirkung hervortritt.

I. Tonus der Skeletmuskeln und Sphincteren.[1]

Es ist nicht meine Absicht, sämmtliche im Laufe der Geschichte der Physiologie vorgebrachte Thatsachen, die von einem vom Rückenmark abhängigen Tonus Zeugniss ablegen sollten, vorzuführen und der Kritik zu unterwerfen. Viele von ihnen, namentlich ältere, sind der Art, dass der bereits physiologisch vorgebildete Leser, wie er hier vorausgesetzt wird, leicht darüber weg kommt. Ich gehe nur auf diejenigen ein, welche auf irgend eine Weise eine bemerkenswerthe Rolle bei der Ausbildung der gegenwärtigen Vorstellung vom Muskeltonus gespielt haben. Seit ernstlich über Muskeln und Nerven experimentirt wird, ist wohl die Lehre vom Tonus der Skeletmuskeln niemals in der Weise vorgetragen worden, dass man behauptet habe, es befinde sich das hirnlose Rückenmark ohne äussere Zuthat der Art in Thätigkeit, dass es jedem Skeletmuskel zu gleicher Zeit eine gewisse, geringe Contraction einpräge. Ich weiss recht gut, dass man Citate des einen oder anderen Physiologen vorbringen kann, deren Wortlaut gegen mich ist, aber mir ist kein Physiologe bekannt, der es versucht hätte, einen Beweis im erwähnten Sinne anzutreten, und dann kenne ich keinen Gegner der Tonuslehre, der in analoger Weise für sich gewirkt hätte. Es waren immer nur einzelne Muskeln oder Muskelgruppen, für welche man Beweis und Gegenbeweis antrat und wenn man daraus einen Schluss für alle Muskeln zog, so geschah dies mehr in Form eines aperçu, als aus wissenschaftlicher Ueberzeugung. In der Eile mag dies sich vorgestellt, oder auch wohl ausgesprochen worden sein, aber so viel ich sehe niemals der Art, dass dieses Moment mit wissenschaftlichem Bewusstsein betont worden wäre. Noch weniger ist behauptet und versucht worden, zu erweisen, dass sich sämmtliche Skeletmuskeln zu derselben Zeit in demselben Grade der Erregung befänden. Gleich

1 ISIDOR COHNSTEIN, Mémoire en réponse à la question suivante: Faire un exposé historique de la théorie du tonus musculaire etc. Mémoire couronné par l'acad. royale etc. de Belgique. XXXIII. des mémoires couronnés et mémoires des savants étrangers etc. 1867.

zu Anfang der neuern physiologischen Bewegung in den 20er und 30er Jahren trat die Tonuslehre in dieser Form bei JOH. MÜLLER[1] auf. Er betrachtet es als eine automatische Thätigkeit des vom Gehirn getrennten Rückenmarks, wenn die enthauptete Salamandra maculata noch auf ihren Füssen steht, oder der geköpfte Aal sich windet; beides Muskelzusammenziehungen, bei denen von einer gleichen Erregung der Muskeln durch das Rückenmark keine Rede sein kann. Ich ziehe diese Stellen nicht an, um damit sämmtliche Gründe anzugeben, die MÜLLER zur Annahme eines Tonus veranlassten, sondern nur, um damit zu beweisen, dass er sich, wenigstens in späterer Zeit, keineswegs sämmtliche Muskeln in einer gleichen tonischen Erregung vom Cerebrospinalorgan abhängig dachte. Aehnlich M. HALL[2], der zwar den Tonus als Reflextonus auffasst, durch ihn aber Gleichgewicht der Systeme von Muskelgruppen bedingt sein lässt, wobei also gleichfalls wohl Innervirung verschiedenen Grades verschiedener Muskeln stattfinden muss. Die starke Schliessung der Sphincteren sieht er in gleicher Weise[3] als einen besonders kräftigen durch das Rückenmark reflectorisch vermittelten Einzeltonus an. Beide Forscher sind also über die Erscheinungsweise des durch das Rückenmark vermittelten Tonus an den Muskeln offenbar einerlei Meinung, über die Art der Entstehung desselben vom Rückenmark aus differiren sie. Wir sehen nun das nachfolgende Geschlecht mit den beiden Fragen beschäftigt, ob erstens Sphincteren und einzelne Skeletmuskeln einen Tonus zeigen, wenn das Rückenmark vom Gehirn getrennt ist und falls dem so ist, zweitens, mit der Untersuchung über die Wirkungsart des Rückenmarks bei der Unterhaltung desselben. Für die Sphincteren der Blase und des Mastdarms ist auf der einen Seite jeder Tonus irgend welcher Art geläugnet worden und zwar mit Rücksicht auf die Erfahrung, dass der Inhalt des Mastdarmes und der Blase nach dem Tode vor Eintritt der Todesstarre noch beträchtlichen Drücken ausgesetzt werden kann, ohne dass er abfliesst. LESSER-ROSENTHAL[4] leitet diesen Verschluss von der natürlichen Elasticität der Sphincteren ab. Ich bemerke, dass hier der Ausdruck Sphincter allgemein für Verschlussmittel zu nehmen ist. Es ist nach mehrfachen Untersuchungen kaum noch

1 JOH. MÜLLER, Handb. d. Physiol. d. Menschen. I. Abschnitt Rückenmark. S. 698 der 1844 erschienenen 4. Aufl. In der 1. Aufl. kommen verschiedene Stellen ähnlicher Aeusserungen vor.

2 M. HALL, On the reflex function of the medulla oblongata and med. spinalis. Phil. transact. MDCCCXXXIII.

3 Ebendaselbst p. 639.

4 LESSER-ROSENTHAL, De tono cum muscul. tum eo imprimis qui sphincterum vocatur. Regiomonti 1857.

fraglich, dass Das, was die descriptive Anatomie sphincter vesicae nennt, hier nicht in Betracht kommt. BUDGE[1] konnte den Wasserstrahl, welchen er durch Einfluss von Wasser in einen Ureter bei einer gewissen Druckhöhe aus der Urethra unterhielt, nur durch Reizung der vor dem eigentlichen Sphincter vesicae liegenden contractilen Gebilde hemmen. Andrerseits geben HEIDENHAIN und COLBERG[2] an, dass der Schliessmuskel der Blase während des Lebens, selbst in tiefer Narkose, einen grössern Druck als nach dem Tode aushalte, und nehmen demgemäss einen unwillkürlichen Tonus des Blasensphincters an. Von einer bestimmten Abtheilung des Rückenmarks, welche denselben unterhalte, melden sie Nichts und ebenso gehen sie nicht ernst auf die Frage ein, ob dieser Tonus ein reflectorischer oder anderer Art sei. Abgesehen von einem Streite zwischen den durch die Versuche der genannten Autoren angedeuteten Ansichten[3] ist später die Existenz eines unwillkürlichen Tonus des Blasen- und Afterschliessmuskels von andern Forschern[4] dargethan und zugleich bewiesen worden, dass derselbe von umgrenzten Stellen des Rückenmarks abhänge. MASIUS unterscheidet ein centrum ano-spinale, welches bei Kaninchen in der Höhe der Bandscheibe liegt, die den 6. und 7. Lumbalwirbel mit einander verbindet, bei Hunden sich im unteren Theile des 5. Lendenwirbels findet, und ein centrum vesico-spinale, welches er bei beiden Thieren dicht hinter das centrum ano-spinale, vollkommen getrennt von diesem, legt. Er ertheilt beiden Centren tonische und reflectorische Wirkungen, untersucht aber die Frage nicht, ob der Tonus in letzter Instanz nicht doch etwa ein reflectorischer sei. Ueberhaupt ist für die Sphincteren die letztere Frage nicht so mehrseitig geprüft und discutirt worden, als es für den Tonus der Skeletmuskeln geschehen ist. Der einzige Grund, welcher bis jetzt für einen, nicht auf dem Wege des Reflexes erzeugten Tonus beizubringen ist, könnte in der Thatsache gefunden

1 BUDGE, Ueber den Einfluss des Nervensystems auf die Bewegung der Blase. Ztschr. f. rat. Med. (3) XXIII. S. 78 ff. 1865.

2 HEIDENHAIN u. COLBERG, Versuche über d. Tonus des Blasenschliessmuskels. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1858. S. 437.

3 v. WITTICH, Anatomisches etc. über den Blasenverschluss. Königsb. med. Jahrb. II. S. 12; III. S. 249; SAUER, Durch welchen Mechanismus wird der Verschluss der Harnröhre bewirkt? Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861. S. 112. COHNSTEIN, Kurze Uebersicht der Lehre des Muskeltonus. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. S. 172.

4 GIANNUZZI et NAWROCKI, De l'influence des nerfs sur les sphincters de la vessie et de l'anus. Compt. rend. XXXXVI. p. 1161. 1863; GIANNUZZI, Contribuzione alla conoscienza del tono musculare. 1868. BUDGE, Ueber den Einfluss des Nervensystems auf die Blase. Ztschr. f. rat. Med. (3) XXIII. S. 78. 93 ff. 1865. MASIUS, Recherches expérimentales sur l'innervation des sphincters de l'anus et de la vessie. Bull. d. l'acad. d. Belg. XXIV et XXV. 1867. 1868 und ROBIN, Journ. d. l'anat. et d. l. physiol. 1869. p. 103.

werden, dass auch der Sphincterentonus in narcotischen Zuständen beobachtet worden ist, in denen die Reflexbewegungen bedeutend herabgesetzt waren. Hiernach giebt es also einen von umschriebenen, im unteren Theil des Rückenmarks gelegenen, Stellen abhängigen, unwillkürlichen Tonus des Blasen- und Mastdarmverschlusses, von dem erwiesen, dass er reflectorischer Verstärkung fähig ist, von welchem aber noch schärfer die Ursache seiner Entstehung zu erforschen ist. Die peripherischen Nervenfasern, welche den Tonus der Sphincteren unterhalten, liegen in den Bahnen der Sacralnerven.

Die Bearbeitung der die Skeletmuskeln betreffenden Abtheilung der Tonusfrage hat das folgende Schicksal gehabt. In den fünfziger Jahren wurden vielfach Zweifel darüber laut, dass die bis dahin für einen Tonus der Skeletmuskeln vorgebrachten Thatsachen wirklich als Ausdruck eines vom Rückenmark unterhaltenen Tonus zu betrachten seien.[1] Diesen Bedenken suchte man auf dem scheinbar rationellsten Wege dadurch zu begegnen, dass man mittelst feiner Messmethoden, Fernrohr und Kathetometer, die Länge eines Muskels während seiner Verbindung mit, und nach seiner Trennung vom Rückenmark zu bestimmen suchte. Derartige Versuche sind von mehreren Seiten[2] her angestellt worden; sie einzeln anzuführen, ist hier überflüssig, da sie alle zu demselben Resultate führten und nur in der Methode abwichen, wie der Zusammenhang des Muskelnerven mit dem Rückenmark gelöst wurde. Das Ergebniss war, dass sich bei Fröschen und Kaninchen keine merkbare Verlängerung des Muskels nach Trennung seines Nerven vom Rückenmark nachweisen lasse. Nur eine Angabe von Steinmann[3] weicht davon ab, indem dieser eine Verlängerung des mit 20 Grm. belasteten gastrocnemius um 2—5 mm. sah, als er die hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven am nicht geköpften Thiere durchschnitt. Prägen nach dieser Beobachtung die hinteren Wurzeln den Muskeln gewisse Erregungen ein, so hätten die früheren Beobachter auch bei Trennung der bezüglichen motorischen Nerven vom Rückenmark eine Verlängerung der Muskeln sehen müssen. Nur durch Unterstellung bezüglich Wahl und Herrichtung der Präparate bei den verschiedenen

1 Eine Uebersicht des hierher gehörigen Materials hat Heidenhain, Physiolog. Studien. S. 9 ff. Berlin 1856. gegeben.

2 Heidenhain, in der sub 1 angeführten Arbeit; Auerbach, Ueber die Natur des Muskeltonus. Jahresb. d. schles. Ges. f. vaterl. Cultur. Breslau 1856; Schwalbe, Zur Lehre vom Muskeltonus; Pflüger's Untersuchungen aus dem physiologischen Laboratorium zu Bonn. S. 61.

3 Steinmann, Ueber den Tonus der willkürlichen Muskeln. Mélanges biolog., tirés du Bull. de l'acad. impériale d. sciences d. St. Petersbourg. VII. p. 806. 1871.

Beobachtern lässt sich die Abweichung erklären; ich komme darauf zurück. Die erwähnten negativen Versuchsergebnisse schienen ihrer Zeit den Eindruck bei der Mehrzahl der Physiologen hervorzurufen, dass es in der That keinen Tonus der Skeletmuskeln gäbe, weder einen tonischen noch reflectorischen. Derselbe verwischte sich jedoch wieder, als Brondgeest[1] zeigte, wie ein decapitirter, aufgehängter Frosch, welchem man auf einer Seite den Plexus ischiadicus durchgeschnitten hat, auf der nicht operirten Seite die Abtheilungen der hinteren Extremität stärker gekrümmt trägt, als auf der anderen. Obschon das Experiment den Namen seines Erfinders seit jener Zeit trägt und die Tonusfrage von Neuem anregte, so war es doch nur eine neue, etwas modificirte Form der allbekannten Erfahrung, dass der decapitirte Frosch bei unverletztem Rückenmark stets eine ganz bestimmte Stellung einnimmt. Die Unterschiede beider Erfahrungen liegen nur in den hier unbedeutenden Umständen, dass die Gleichgewichtsbedingungen für die Unterstützung des Körpers und die Berührungsart der Hautnerven mit den umgebenden Medien andere sind. Beide lehren, dass der geköpfte Frosch mit intactem Rückenmark eine bestimmte Lage seiner Glieder annimmt; dass dieses variirt je nach den Bedingungen, die wir äusserlich hinzufügen, ist selbstverständlich. Obgleich die Richtigkeit des Brondgeest'schen Experimentes bestritten[2] worden ist, so haben doch mehrere[3] Forscher bezeugt, und ich schliesse mich denselben nach eigenen Wahrnehmungen an, dass dies ohne ausreichenden Grund geschehen. Es ist wahr, dass es nicht bei jedem Frosch in gleich überzeugender Weise gelingt, namentlich wenn man bei etwas höherer Temperatur arbeitet, aber man sieht in den meisten Fällen doch einen Unterschied in der Stellung beider Beine; die Abkürzung der Beobachtungszeit und Beobachtung des Frosches unter Wasser begünstigen die Wahrnehmung. Eine längere Wirkung der Schwere der Schenkel oder Anhängen von Gewichten gleichen den Stellungsunterschied beider Beine bald aus. Auf eine Quecksilberoberfläche den Frosch gelegt, soll jedoch der erwähnte Unterschied sich nicht ausprägen. Zerstörung des Rückenmarks oder ausgiebige Vergiftungen mit Curare und Chloroform lassen keinen Stellungsunterschied beider Beine

1 Brondgeest, Onderzoekingen over den Tonus der willekeurigen spieren. Academische Proefschrift. Utrecht 1860.

2 Th. Jürgensen, Ueber den Tonus der willkürlichen Muskeln; Heidenhain, Studien des physiologischen Instituts zu Breslau. 1. Hft. 1861. S. 139.

3 J. Cohnstein, Kurze Uebersicht der Lehre vom Muskeltonus. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863. S. 168; Sustschinsky, Ueber den Muskeltonus. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871. S. 529; du Bois-Reymond, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1860. S. 704.

aufkommen. BRONDGEEST hatte sich durch verschiedenartig modificirte Versuche davon überzeugt, dass die Muskelcontractionen, welche dem nicht operirten Beine die grössere Beugung seiner Gelenke verschaffen, von den Reizen herrühren, welche die Hautnerven dem Rückenmark zuführen, und er bezeichnete daher jene Zusammenziehung als einen Reflextonus. Nach COHNSTEIN ist es im BRONDGEEST'schen Experiment vorzugsweise der Zug, welchen die Hautnerven bei der Dehnung durch die Schwere erleiden, durch welche die Erscheinung zu Stande kommt. Schon STILLING [1] hat die Idee von einem solchen Reflextonus gehabt, da aber bei ihm der Tonus mehr eine Annahme, als ein Factum war, so tritt diesmal die Lehre eines Reflextonus schärfer begründet auf. Mit derselben sind Behauptungen in Zusammenhang gebracht worden, welche von CYON [2] ausgingen. Dieser gab an, dass beim Frosch die hinteren Wurzeln dergestalt einen Einfluss auf die vorderen ausüben, dass die Gegenwart jener die Erregbarkeit dieser erhöhe; so dass also bei gleichem Reize nach der Trennung der hinteren Wurzel die von einer vorderen Wurzel nunmehr erhaltene Zuckung schwächer ausfalle, als zuvor. Zunächst das Thatsächliche anlangend, so bleibt dasselbe vorerst mit einigen Zweifeln belastet, da keine grosse Differenz zwischen der Zahl der Stimmen für [3] und gegen [4] die gemachte Behauptung besteht. Es wird daher hier auch genügen, nur den Gedanken anzugeben, der diese Versuchsweise mit dem BRONDGEEST'schen Experimente verknüpft. Man nimmt nämlich an, dass wenn sich ein Muskel von seinem Nerven aus in gelinder Erregung befinde, ein bestimmter Reiz gleichsam durch Addition zu jener eine stärkere Zuckung gebe, als dies ohne die erste Anregung der Fall ist, und erlaubt sich unter Annahme der Richtigkeit von CYON's Angaben dann den umgekehrten Schluss: wenn bei Anwesenheit der hinteren Wurzeln ein an den vorderen angebrachter Reiz eine stärkere Zuckung giebt, als beim Fehlen derselben, so muss in der vorderen Wurzel vorher schon eine Erregung, ein Tonus, bestanden haben. Wenn ich hierzu bemerke, dass die hier

---

1 B. STILLING, Fragmente zur Lehre von der Verrichtung des Nervensystems. Arch. f. physiol. Heilk. 1842. S. 98.

2 E. CYON, Ueber den Einfluss der hinteren Nervenwurzeln des Rückenmarks auf die Erregbarkeit der vorderen. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Abth. 1865. S. 85.

3 GUTTMANN, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. Nr. 44; STEINMANN, Ueber den Tonus der willkürlichen Muskeln. Mélanges biologiques etc. de St. Petersbourg. VII. p. 787. 1871.

4 v. BEZOLD u. USPENSKY, Centralbl. f. d. med. Wiss. Nr. 39. 1867; Arbeiten aus dem physiol. Laboratorium zu Würzburg. 3. Hft. 1868; G. HEIDENHAIN, Ueber den Einfluss der hinteren Rückenmarkswurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen. Arch. f. d. ges. Physiol. IV. S. 435.

gemachte Voraussetzung anfechtbar ist, und Versuche[1] ihre Zulässigkeit zum mindesten in hohem Grade zweifelhaft machen, so wird man es gerechtfertigt finden, wenn ich empfehle, das von CYON zuerst berührte Gebiet von Thatsachen zur Zeit noch nicht im Interesse der Tonusfrage zu verwerthen. Ueberblicke ich diese Erfahrungen, so scheint es mir, dass sich über den Tonus der Skeletmuskeln Folgendes sagen lässt. Aus der constanten Stellung, welche ein geköpftes Thier unter denselben äusseren Bedingungen stets für eine gewisse Zeit noch einnimmt, welche aber selbstverständlich mit der Veränderlichkeit der äusseren Umstände wechselt, und welche mit der Zerstörung des Rückenmarks schwindet, ist zu schliessen, dass im Rückenmark ein Etwas vorhanden ist, unter dessen Mitwirkung besagte Erscheinung zu Stande kommt. Da zwingende Gründe fehlen, dies Etwas Seele zu nennen, so kann man ihm den Namen Tonus belassen, um diesem nun einmal eingebürgerten Worte eine bestimmte Bedeutung zu geben. Da mit der Entfernung der Haut, oder der Durchschneidung der hinteren Wurzeln der Rückenmarksnerven die gedachte Stellung mehr oder weniger schwindet, so folgt daraus, dass der Tonus ein reflectorischer ist. Bei ihm sind nachweislich nicht alle Muskeln in Erregung, noch viel weniger sämmtlich in demselben Grade erregt.[2] Wenn directe Messungen der Muskellängen vor und nach ihrem Zusammenhang mit dem Rückenmark keine Aenderungen ihrer Grössen ergeben haben, so spricht diese Erfahrung nicht gegen die Existenz eines Reflextonus; denn es können die für die Messung der Muskellängen angewendeten dehnenden Gewichte so gross gewesen sein, dass sie den Tonus verdeckten, oder jene an enthäuteten Thieren angestellt worden sein, bei denen die Anregung zum Tonus fehlte, oder endlich an Muskeln, denen im Reflextonus gar keine, oder kaum merkbare Contraction zukam. Die Resultate der Versuche über den Einfluss der hinteren Wurzeln auf die Erregbarkeit der vorderen gestatten zur Zeit noch keine sichere Verwerthung für die Lehre von Tonus. Für die Existenz eines vom Rückenmark ohne äusseren Reiz in den Skeletmuskeln unterhaltenen Tonus sind bis jetzt keine sichern Beweise zu erbringen.

II. Der Tonus verschiedener Abtheilungen des Gefässsystems.

Es ist bekannt, dass bei den Säugethieren der Herzschlag von einer Abtheilung des verlängerten Markes regulirt wird. Bei

1 GRÜNHAGEN, Bemerkungen über die Summation von Erregungen in der Nervenfaser. Ztschr. f. rat. Med. (3) XXVI. S. 190 ff.

2 L. HERMANN, Beitrag zur Erledigung d. Tonusfrage. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1861. S. 350 ff.

Hunden bringt die Befreiung des Herzens von dieser Einwirkung mittelst Vagusdurchschneidung eine sehr nambafte Pulsbeschleunigung hervor, bei dem an und für sich schon sehr schnell schlagenden Kaninchenherzen ist es in geringerem Grade der Fall, Frösche haben bei derselben Nervendurchschneidung mit Sicherheit noch keine Vermehrung des Pulses erkennen lassen. Eine Abgrenzung der wirksamen Stelle ist bis jetzt durch eine methodisch geführte Untersuchung noch nicht geschehen. Es stehen auch für diesen Zweck in Aussicht zu nehmenden Versuchen verschiedene Schwierigkeiten entgegen. Da beim Frosch die Vagisection keine merkbare Pulsbeschleunigung gibt, so fällt dieses uns sonst so nützliche Thier aus; denn man würde bei ihm voraussichtlich durch Zerstörung irgend einer beschränkten Hirnstelle keine Vermehrung des Herzschlags erhalten. Die Verlangsamung oder der Herzstillstand nach directen Reizungen des Gehirns würde uns keinen Aufschluss geben, da man kein sicheres Mittel hat zu entscheiden, ob die geänderte Herzbewegung ihren Ursprung einem directen Eingriffe auf das von uns vorausgesetzte Centrum, oder der reflectorischen Erregung von Nerven verdankt, die etwa an dem Orte der Einwirkung verlaufen. Es könnten die Prüfungen nur an solchen Thieren vorgenommen werden, deren Vagisection eine recht auffallende Beschleunigung der Pulszahl gibt, so dass zu hoffen ist, dass Schnitte durch das Mark vor und hinter dem angenommenen Centrum auf die Dauer keine merkbare Erhöhung der Pulszahl geben. Eine solche Untersuchung ist meines Wissens bis jetzt nicht durchgeführt worden. Man könnte vielleicht versucht sein, aus dem Umstande, dass beim Frosch mechanische Verletzungen des Marks von dem Abgang des ersten Halsnerven an bis zu den Corpora quadrigemina hinauf mehr oder weniger deutlichen Herzstillstand geben, mit Rücksicht darauf nämlich, dass einfache mechanische Reizungen von, zum Vagus in reflectorischer Beziehung stehenden Nerven diesen Erfolg nicht haben, zu schliessen, dass das fragliche Centrum über jenen Raum verbreitet sei. Dies ist indess nicht gestattet, da innerhalb des Marks die fraglichen Nerven vielleicht eine andere, dauernde Reizung, als ausserhalb desselben durch jene Reizungsart erfahren.[1] Obschon von dem, was wir Seele nennen, afficirbar, entfaltet dieses Stück Nervensubstanz unabhängig von jener, wie aus der im Ganzen Unveränderlichkeit des Herzschlags nach Entfernung der Grosshirnhemisphären hervorgeht, continuirlich seinen hemmenden Einfluss und kann daher dieser unter die tonischen Wirkungen des Cerebrospinalsystems ein-

1 C. Eckhard, Herzensangelegenheiten. Meine Beiträge. VIII. S. 185.

gereiht werden. Bekannt ist von ihm, wie es veränderlich ist in seiner Wirkung je nach der Beschaffenheit der Flüssigkeit, die das verlängerte Mark durchtränkt und den Wirkungen, welche gereizte centripetalleitende Nervenfasern auf dasselbe ausüben. Hier soll jedoch von den dahin gehörigen Einzelerfahrungen keine Rede sein, da dieselben in der Lehre von der Herzbewegung abgehandelt werden. Nur die Frage soll berührt werden, ob Gründe für die Annahme vorhanden sind, dass es sich auch hier, wie bei dem Tonus der Skeletmuskeln, in letzter Instanz um einen Reflextonus handle, oder nicht. Man neigt sich zufolge einer Untersuchung von BERNSTEIN[1] der ersteren Ansicht zu. Nachdem dieser durch eine Durchschneidung des Rückenmarks zwischen dem dritten und vierten Wirbel das regulatorische Herznervensystem der reflectorischen Einwirkung der Rückenmarksnerven entzogen hatte, erhielt er nach der Vagisection keine Beschleunigung des Herzschlags mehr, woraus er schloss, dass das genannte Centrum die Anregung zu seiner Thätigkeit durch die reflectorische Erregung der abgetrennten Nerven erhalten habe. Uebrigens leistet diese Versuchsform den strengsten Anforderungen noch keine Genüge. Da nämlich auch von dem Grosshirn aus auf die Zahl der Herzschläge gewirkt werden kann, so müsste, nachdem die anatomischen Grenzen des Centrums für das regulatorische Nervensystem festgesetzt worden sind, dies nach Rückenmark und Gehirn hin abgetrennt, und dann die Pulszahl vor und nach der Vagisection bestimmt werden. Ich fürchte indess, dass, wenn unter diesen Umständen die Vagisection den Puls nicht beschleunigt, das Bedenken auftaucht, dass man keinen normalen Kreislauf mehr im verlängerten Mark gehabt habe, und demgemäss auch keine Rede mehr von der normalen Wirkung des regulatorischen Herznervensystems sein könne, ein Einwand, von dem die bereits vorliegenden Versuche nicht ganz frei sein dürften. Man kann sogar die bessere, gleichfalls schon von BERNSTEIN angeordnete Versuchsform, die Vagi nach der einer hohen Rückenmarksdurchschneidung gleichwerthigen Entfernung beider Grenzstränge, in welchen die in das Rückenmark eintretenden Reflexfasern verlaufen, zu durchschneiden, nicht für ganz überzeugend finden, indem man darauf aufmerksam macht, dass durch die hierbei entstehende Lähmung aller Gefässnerven eine gewisse Anämie des verlängerten Marks entstehen und die normale Thätigkeit des letzteren sich ändern müsse. Ich rechtfertige diese skeptischen Gedanken durch den Hinweis auf den Frosch. Bei ihm macht sich die Er-

1 BERNSTEIN, Untersuchungen über den Mech. des reg. Herzr. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1864. S. 614. 653 ff.

regung des Sympathicus auf das regulatorische Herznervensystem des verlängerten Marks im Versuche eben so prompt, als beim Säugethier, und dennoch tritt nach der Vagisection keine Beschleunigung des Herzschlags auf, es existirt also bei diesem Thiere kein tonisches, reflectorisch angeregtes Centrum als Regulativ für die Herzthätigkeit. Mit dieser Bemerkung soll kein Gegenbeweis für BERNSTEIN's Ansicht geführt, sondern nur die Angelegenheit zu neuer Prüfung und noch schärferer Beweisführung empfohlen werden. Von dem Caudalherzen des Aales, welches beiläufig bemerkt, ein Lymphherz sein soll, hat MAYER [1] behauptet, dass die Ursachen seiner Bewegungen ausserhalb des Rückenmarks zu suchen seien. Später fand ich [2], dass nach sorgfältiger Zerstörung des Marks, namentlich seines untersten, sehr dünnen Theiles, die normalen Bewegungen aufhören, und höchstens unvollkommene und unregelmässige Contractionen wiederkehren, ähnlich wie es bei den nunmehr zu besprechenden Lymphherzen der Amphibien stattfindet. Für diese wies zuerst VOLKMANN beim Frosch nach, dass nach Zerstörung von zwei mehr oder weniger beschränkten Stellen des Rückenmarks in der Gegend des dritten und achten Wirbels die gewöhnlichen Bewegungen derselben cessiren. Da die letzteren nach der Köpfung des Thieres und der Durchschneidung der sensiblen Wurzeln bei Integrität des Rückenmarks fortbestehen, so schloss VOLKMANN daraus, dass das Rückenmark des Frosches automatisch wirkende Stellen besitze, und es bildete seit jener Zeit die erwähnte Beobachtung, zumal da inzwischen der Tonus der Skeletmuskeln der Hauptsache nach als ein reflectorischer erkannt worden war, den hauptsächlichsten Beweis dafür, dass das Rückenmark automatisch wirkende Stellen in sich schliesse, die keiner reflectorischen Anregungen von aussen bedürfen. Mir [3] und SCHIFF [4] kamen Bedenken gegen VOLKMANN's Ansicht. Wir beobachteten, dass nach Trennung des zweiten und zehnten Spinalnerven, welche die vom Rückenmark gelieferten Nervenfasern für die Lymphherzen in sich schliessen, oder nach Zerstörung des Rückenmarks, die bezüglichen Bewegungen nur für eine gewisse Zeit aufhören, dann aber von Neuem, allerdings nicht mehr in der früheren Vollkommenheit, wieder beginnen. Spätere Beobachter haben Dasselbe gesehen. Ich war zu jener Zeit nicht abgeneigt, die automatischen Centren für die Bewe-

1 FRORIEP's Notizen. 1850. S. 99.
2 Meine Beiträge. III. S. 167.
3 Ueber das Abhängigkeitsverhältniss der Bewegungen der Lymphherzen der Frösche vom Rückenmark. Ztschr. f. rat. Med. VIII. S. 212. 1849.
4 M. SCHIFF, Vorläufige Bemerkungen über den Einfluss etc. Ztschr. f. rat. Med. IX. 1850. S. 258.

gungen der Lymphherzen in der Substanz dieser zu suchen, da ich unter dem Einfluss der damals eben bekannt gewordenen Entdeckung WEBER's über die Stellung des Vagus zum Blutherzen, die durch Reizung der Lymphherzennerven entstehende Zusammenziehung fälschlich für einen Stillstand in Diastole nahm. Allein HEIDENHAIN's Beobachtung, dass man die Lymphherzen durch Hindurchleitung eines aufsteigenden electrischen Stromes, auf dessen krampfstillende Wirkung ich damals hinwies, durch die zu den Lymphherzen gehenden Nerven zum Stillstand bringen könne, bekehrte mich; nicht minder die schon von SCHIFF gemachte und von HEIDENHAIN bestätigte Erfahrung, dass das Verhalten der Lymphherzennerven electrischen Reizen gegenüber dasselbe sei, wie das der quergestreiften Muskeln. Dadurch wurde bewiesen, dass in der Substanz der Herzen die Erregungsursache nicht liege, und es musste in der Hauptsache zu VOLKMANN's Vorstellung zurückgekehrt werden, zumal schärfer darauf hingewiesen wurde, dass die neuen Pulsationen der Lymphherzen sich dauernd von den alten unterscheiden. Zwar entdeckte WALDEYER [1] in der Umgebung der Lymphherzen Ganglienzellen, und GOLTZ [2] behauptete, dass einige Wochen nach der Durchschneidung der Lymphherzennerven sich die normalen Pulse der Lymphherzen wieder herstellten, Umstände, welche geeignet waren, die kaum gerettete Anschauung VOLKMANN's von Neuem zu zerstören, allein eine sorgfältige Beobachtung ergab, dass hierzu kein genügender Grund vorhanden sei. WALDEYER hat nämlich, der Annahme von GOLTZ entgegen, dargethan, dass selbst nach wochenlangen Durchschneidungen der Lymphherzennerven sich die normalen Pulse nicht wieder herstellen. Zur befriedigenden Reinigung dieser Angelegenheit würde nun noch der Nachweis der Ursachen gehören, von denen die nach Trennung der Lymphherzennerven von Neuem entstehenden Bewegungen abhängen. Wir wollen uns aber hier mit diesem Punkte nicht befassen; die Frage kehrt in analoger Weise für die Contractionen der Blutgefässe wieder und soll in Verbindung mit dieser am passenden Ort vorgenommen werden. Durch Erwärmung des Rückenmarks auf 32—40 ° C. werden die Lymphherzen anfangs zu schnellerem Schlage veranlasst, dann stehen sie in Diastole still. Erkältet man hierauf das Mark, so kehren die Pulsationen wieder zurück.[3]

---

1 W. WALDEYER, Zur Anatomie und Physiologie der Lymphherzen von Rana und Emys europaea. HEIDENHAIN, Studien des physiologischen Instituts zu Breslau. 3. Hft. S. 71. 1865.

2 GOLTZ, Neue Thatsachen über den Einfluss d. Nerven auf die Herzbewegung. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1863. Nr. 32. S. 497.

3 Meine Beiträge. IV. S. 39.

Bekanntlich ändern auch andere automatische Centren ihre Thätigkeit, wenn sie besonderen Einwirkungen unterliegen.

III. Das Athmungscentrum.

Die Darstellung der physiologischen Eigenschaften desselben ist einem anderen Bearbeiter überwiesen. Hier soll es sich nur um eine genauere Ortsbestimmung desselben handeln. Schon im Alterthum war bekannt, dass die Gegend des Occiput eine für den Fortbestand des Lebens wichtige Stelle sei. Dass sie an das verlängerte Mark geknüpft ist, deutete zuerst LORRY [1] an. LEGALLOIS [2] bezeichnete für Warm- und Kaltblüter die Stelle des Marks vom Occiput bis zu den ersten Halswirbeln als Quelle der Athembewegungen. FLOURENS [3] gab als diese zuerst den Theil des Marks an, welcher dem Vagus als Ursprung dient, später eine noch mehr eingeengte Stelle, die nur durch die Spitze des Calamus scriptorius gebildet werde. BROWN-SÉQUARD, VOLKMANN, LONGET und SCHIFF griffen die Lehre von FLOURENS an, theils indem man, wie BROWN-SÉQUARD [4], den Tod der Thiere in den Versuchen jenes Forschers nicht der einfachen Entfernung einer gewissen Menge der Nervensubstanz des verlängerten Marks zuschrieb, sondern den Erregungen des Vagus, von denen die centrale Stillstand der Athembewegungen, die peripherische solchen des Herzens gebe, welche das Thier tödten können, aber nicht müssen, theils indem man sich einfach auf die Erfahrung berief, dass man die kleine in der Mittellinie liegende, von FLOURENS zuletzt noeud-vital genannte Stelle durch einen Längsschnitt zerstören und exstirpiren könne, ohne die Athembewegung dauernd aufzuheben. Neue Angaben über die Lage eines Athmungscentrums machten später LONGET [5] und SCHIFF [6]. Der letztere gab an, dass das Athmungscentrum doppelt sei, auf jeder Seite des verlängerten Markes in der Gegend des vorderen Theiles der Ala cinerea liege und jedes unab-

1 LORRY, Sur les mouvements du cerveau. Second mémoire sur les mouvements contre nature etc. Mémoires de mathématique et de physique, présentés à l'académie Royale des sciences par divers savants, et lus dans les assemblées. III. p. 344. 1760.

2 LEGALLOIS, Expérience sur le principe de la vie. Paris 1812. Abgedruckt in den: Oeuvres de Car. Legallois etc. avec des notes de M. Pariset. Paris 1824 u. 1830. I. p. 66. 251.

3 FLOURENS, Recherches sur le système nerveux. ed. prem. 1824. Compt. rend. etc. 1847. 1851.

4 BROWN-SÉQUARD, Recherches sur les causes de mort après l'ablation de la partie de la moëlle allongée, qui a été nommée noeud vital. Journ. d. l. physiol. 1858. VOLKMANN, Artikel Gehirn in Wagner's Handwörterb. d. Physiol.; LONGET, Arch. gén. de med. XIII. 1847; SCHIFF, Lehrb. d. Physiol. d. Menschen. I. 1858—59.

5 LONGET, Traité de physiologie. 3. 1869.

6 SCHIFF, Lehrb. d. Physiol. d. Menschen. 323; Arch. f. d. ges. Physiol. 1870. Widerlegung einer Behauptung von BROWN-SÉQUARD.

hängig vom anderen functioniren könne, indem einseitige Verletzung desselben die Athembewegung auch nur einseitig aufhebe. In einer spätern Mittheilung schloss sich Flourens[1] den Angaben Schiff's, sachlich wenigstens, an, wenn er auch wörtlich von ihnen etwas abweicht. In neuerer Zeit haben Gierke und Rokitansky weitere Aufschlüsse über das Athmungscentrum gegeben. Der letztere[2] zeigte, dass Kaninchen, nachdem man die Athembewegungen mittelst vollkommener Markdurchschneidung an der Spitze der Rautengrube zum Stillstand gebracht hat, während des durch eine darauf folgende Strychnininjection hervorgerufenen Krampfes einzelne Athembewegungen ausführen. Hiernach gäbe es eine Art Athmungscentrum, welches weiter abwärts als das für die normalen Athembewegungen im Rückenmark liegt und nur unter besonderen Umständen zur Thätigkeit angeregt werden kann, vorausgesetzt, dass die weitere Zergliederung der durch Strychninvergiftung erzeugten Erscheinung den Ausdruck Centrum rechtfertigt. Gierke suchte noch weiter wie Schiff in die Lage des Athmungscentrums einzudringen, indem er mit den Verwundungen, die er am verlängerten Mark anbrachte, eine microscopische Untersuchung der bezüglichen Gegend verband.[3] Es gelang ihm bei diesen Versuchen nicht, einen bestimmten Zellenhaufen ausfindig zu machen, dessen Zerstörung die Athembewegung zum Stillstand gebracht hätte. Dagegen fand er, dass in der Gegend, welche bereits von Schiff und durch die letzten Angaben von Flourens angedeutet war, nach aussen von der Ala cinerea, die auch wohl Vaguskern heisst, ein Längsbündel von Fasern zieht, welches, bilateral durchschnitten, dauernd die Athmung sistirt. Bei unilateraler Durchschneidung steht jene für kurze Zeit auf beiden Seiten still, beginnt aber bald wieder auf der nicht verletzten Seite. Es bleibt also zur Zeit vollkommen unentschieden, ob ein besonderer, abgegrenzter Ganglienhaufen vorhanden ist, von welchem die Athembewegungen ausgehen, oder ob nicht durch eine gewisse Anzahl von Kernen, die durch das erwähnte Bündel verknüpft sind, jene eingeleitet werden.

IV. Gefässnervencentra.[4]

Ein erstes und zwar das hervorragendste Gefässnervencentrum, insofern es nachweislich die Gefässnerven sehr verschiedener Körper-

1 Flourens, Compt. rend. etc. 1858.

2 P. Rokitansky, Untersuchungen über die Athemnerven-Centra. Stricker's Med. Jahrb. S. 31. 1874.

3 Gierke, Die Theile der Medulla oblongata etc. Arch. f. d. ges. Physiol. VII. 583. 1873.

4 A. Vulpian, Leçons sur l'appareil vasomoteur etc. redigées et publiées par

regionen in sehr ausgiebiger Weise beherrscht, liegt im Allgemeinen im mittleren Theile des verlängerten Marks. Genauer angegeben findet sich dasselbe nach den mehrfach bestätigten Untersuchungen Owsjannikow's [1] bei Kaninchen auf dem Boden des vierten Ventrikels, wo es ohngefähr 4–5 mm. vor der Spitze des Calamus beginnt und sich bis in die Nähe der hinteren Vierhügel erstreckt, in diese selbst jedoch nicht hineinragt. Nach Zerstörung dieser Stelle, oder einem Querschnitte durch das Mark an der hinteren Grenze derselben, sieht man den arteriellen Blutdruck mächtig absinken, zum Zeichen, dass dem Blutstrom durch jenen Hirntheil vorher verengte Bahnen nun zu einem weiteren Strombette geöffnet sind. Entsprechend nimmt für längere oder kürzere Zeit der Durchmesser der kleineren arteriellen Gefässchen an verschiedenen, weit entlegenen Körperstellen zu. Es muss übrigens bemerkt werden, dass schon vor Owsjannikow Versuche bekannt waren, welche andeuteten, dass über das obere Ende des Rückenmarks hinaus für die Arterienweite einflussreiche Stellen des Cerebrospinalorgans gelegen sein mussten.[2] Diese haben augenscheinlich dazu mitgewirkt, jenen auf den richtigen Weg zu führen. Unter den früheren Versuchen sind die von Schiff an Säugethieren angestellten für die Entwickelung der Lehre von den Gefässnerven insofern werthvoll gewesen, als sie zeigten, dass die Annahme, zu welcher man ehedem hinneigte, die Ganglien seien die physiologischen Ursprungsstätten der Gefässnerven, irrig war. Nach Owsjannikow hat Dittmar [3] die Grenzen des erwähnten Gefässnervencentrums noch einmal bestimmt. Die hiernach an der obigen Angabe anzubringende Correction ist unbedeutend. Die erwähnte Wirkung des Gefässnervencentrums ist keine gleichmässige; an vielen, der Beobachtung zugänglichen Arterien sieht man ohne äusserlich wahrnehmbare Ursache, wie sie mehr oder weniger regelmässig an- und abschwellen. Selbstverständlich schwinden auch diese Wechsel im Gefässlumen mit der Abtrennung der bezüglichen Nerven vom Ge-

---

H. C. Carville. Paris 1875; Schiff, Influenza della midolla spinale nei nervi vasomotori delle estremità. Napoli 1864.

1 Owsjannikow, Die tonischen und reflectorischen Centra der Gefässnerven. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-physik. Abth. Mai 1871; C. Eckhard, Ueber die Centren der Gefässnerven. Meine Beiträge. VII. S. 81. 1876.

2 M. Schiff, Untersuchungen zur Physiologie des Nervensystems mit Berücksichtigung der Pathologie. I. S. 198 ff. 1855; Lister, An inquiry regarding the parts of the nervous system which regulate the contractions of the arteries. Phil. transact. for the year 1858. p. 607. London 1859; C. Dittmar, Ein neuer Beweis für die Reizbarkeit der centripetalen Fasern des Rückenmarks. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-physiol. Abth. 4. März 1870.

3 Dittmar, Ueber die Lage des sogenannten Gefässnervencentrums. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Abth. XXV. S. 443. 1873.

fässnervencentrum. Diese Erscheinungen hat zuerst SCHIFF[1] beschrieben. Es fragt sich, ob ausser dem erwähnten Centrum noch andere analoge im Gehirn und Rückenmark vorhanden sind. Für das erstere ist nicht bekannt, dass nach Entfernung irgend eines seiner Theile bis zu den Vierhügeln hin eine auffallende und dauernde Erniedrigung des Blutdrucks oder sichtbare Erweiterung der Arterien eintrete, welche auf das Vorhandensein einer tonisch wirkenden Stelle daselbst zu beziehen sei. LISTER[2] gab zuerst für das Rückenmark des Frosches an, dass die Gefässe der Schwimmhaut um so weiter werden, je mehr man von dem Rückenmark abträgt und war daher der Ansicht, dass dieser Nerventheil die Gefässe bis zu einem gewissen Grade zusammengezogen erhalte, jedoch der Einfluss desselben auf die Arterien nicht auf einzelne Abtheilungen desselben beschränkt sei. Später hat GOLTZ[3] in etwas anderer Form als LISTER ebenfalls die theilweise Abhängigkeit des Gefässtonus vom Rückenmark für den Frosch dargethan. Die Priorität bezüglich der Entdeckung von Gefässnervencentren im Rückenmark der Wirbelthiere wird hiernach GOLTZ wohl an LISTER abtreten müssen, aber es kommt ihm das Verdienst zu, die von LEGALLOIS[4] gemachte Erfahrung, dass bei geköpften Säugethieren, deren Athmung man künstlich unterhält, der Kreislauf rascher erlischt, wenn man das Rückenmark oder grössere Theile desselben zerstört, als wenn man dasselbe unverletzt erhält, auf die Anwesenheit vasomotorischer Centren im Rückenmark bezogen und durch neue Experimente am Hunde dieselben nachgewiesen zu haben.[5] Bezüglich des experimentellen Nachweises, dass auch das Rückenmark der Säugethiere Gefässnervencentra führe, muss noch angemerkt werden, dass SCHLESINGER gleichzeitig mit GOLTZ zu demselben Resultate gekommen ist; habe ich Nichts übersehen, so geht sogar der Publication von GOLTZ die SCHLESINGER's[6] voraus. Der Nachweis der spinalen Gefässnervencentren geschah ausser auf die erwähnte Art vorzugsweise mittelst der sogleich

---

1 M. SCHIFF, Ein accessorisches Kaninchenherz. Vierordt's Arch. 1854. S. 523.

2 LISTER l. c.

3 FR. GOLTZ, Ueber den Tonus der Gefässe und seine Bedeutung für die Blutbewegung. Arch. f. pathol. Anat. XXIX. S. 394.

4 LEGALLOIS, Expériences sur le principe de la vie. Eine Sammlung v. Mémoires, welche er vor Professoren der Facultät der Medicin und im Institut gelesen und 1812 publicirt hat. In den von PARISET 1830 herausgegebenen: Oeuvres de C. LEGALLOIS steht die erwähnte Abhandlung in T. I. p. 33—215. Die hier angezogenen Versuche stehen von p. 96 an.

5 FR. GOLTZ, Ueber die Functionen des Lendenmarks des Hundes. Arch. f. d. ges. Physiol. VIII. S. 493. 1874.

6 WILH. SCHLESINGER, Ueber die Centra d. Gefäss- u. Uterusnerven. Stricker's med. Jahrb. 1874. S. 1.

anzugebenden Eigenschaften. In die Vertheilungsart der Gefässnervencentren innerhalb des eigentlichen Rückenmarks hat man noch keine genügende Einsicht; nach der vorliegenden Erfahrung scheinen sie zwar überall im Rückenmark vorzukommen, jedoch im Lendenmark vorzugsweise entwickelt zu sein.

Wie sich die Wirkungen der Gefässnervencentren des verlängerten und Rückenmarks gestalten, wenn sie von allen peripherischen Einwirkungen mittelst Durchschneidung sämmtlicher zu ihnen führender centripetalleitender Nerven befreit wären, ist nicht bekannt, und man kann daher zur Zeit nicht sagen, ob ihre sogenannte tonische Wirkung im Grunde eine reflectorische sei, oder nicht. Dagegen weiss man, dass sie je nach der Beschaffenheit des sie durchströmenden Blutes und der Erregung gewisser peripherischer Nerven in ihren Thätigkeiten modificirt werden können. In diesen Beziehungen sind folgende Erfahrungen bekannt. Vielen, in das Blut eingeführten Substanzen gegenüber zeigen die Gefässnervencentra und ihre Nerven besondere Eigenthümlichkeiten. Gegen manche Gifte zeigen sie, verglichen mit anderen Abtheilungen des Nervensystems, eine besondere Widerstandsfähigkeit. Ein werthvolles Beispiel hierzu bildet ihr Verhalten der Curaravergiftung gegenüber; bei Dosen dieses Giftes, welche die willkührlichen Bewegungen und die Reflexmechanismen für die Körpermusculatur unwirksam machen, behalten die Gefässnervencentra und ihre Nerven ihre Erregbarkeit bei. Damit wird selbstverständlich nicht behauptet, dass die Curaravergiftung gar keinen weiteren Einfluss auf die Gefässnervencentra habe. Ein solcher findet allerdings statt; er ist je nach dem Grade und der Dauer der Vergiftung verschieden; bald beobachtet man Herabsetzung, bald Erregung des Gefässtonus.[1] Hierauf gründet sich bekanntlich das werthvolle, zuerst von Traube geübte Verfahren, unter Zuhilfenahme der künstlichen Respiration, Untersuchungen über das Gefässnervensystem zu machen, ohne durch die Zuckungen der Körpermusculatur gestört zu sein. Eine besondere Anregung erfahren die Gefässnervencentra durch Strychninvergiftung. Schon geringe Gaben 0,0016 Gr. Strych. nitr. geben bei Hunden, welche man vorher curarisirt hat, deutliche Blutdruckerhöhung, auch dann noch, wenn während des Versuchs Verlangsamung des Herzschlags eintritt. Viele kleine, mit blossem Auge noch sichtbare Arterien sieht man bei verschiedenen Thieren erblassen. Nach vorheriger Abtrennung des Halsmarks fehlen

1 C. Eckhard, Ueber die Centren der Gefässnerven. Meine Beiträge. VII. S. 83. 84; Gergens u. Weber, Ueber locale Gefässnervencentren. Arch. f. d. ges. Physiol. XIII. S. 57; Huizinga, Untersuch. über die Innervation etc. Ebendaselbst XI. S. 212.

diese Erscheinungen zum Theil; ganz bleiben sie nicht aus, was ein Zeichen dafür ist, dass im Rückenmark oder auch an anderen Stellen gefässverengernde Vorrichtungen bestehen, welche durch das Strychnin erregt werden.[1] Für eine Wirkung des letzteren auf Gefässnervencentra im Rückenmark spricht der Umstand, dass nach Abtrennung des verlängerten Marks durch Erregung centripetaler Rückenmarksnerven reflectorisch der Blutdruck geändert werden kann. Aehnliche Wirkungen werden von Nicotin und Calabar auf das Gefässnervensystem ausgeübt.[2] Diesen Gegenstand hat die Pharmacologie noch weiter reichlich ausgebildet; ihre Erfahrungen müssen aber hier übergangen werden. Nicht minder als durch Gifte erfahren die Gefässnervencentra aussergewöhnliche Anregungen durch dyspnoisches Blut. Diese Eigenschaft hat zuerst HERING rein dargestellt. Er zeigte, wie bei curarisirten Thieren, deren Kreislauf durch künstliche Athmung unterhalten wird, mit dem Aufhören der Einblasungen der Blutdruck beträchtlich unter wellenförmigem Auf- und Absinken in die Höhe geht und diese Erscheinung auf eine periodische Thätigkeit der Gefässnervencentra bezogen werden muss. Wegen einer gewissen Aehnlichkeit dieser Schwankungen mit den Athmungsphasen und seiner Meinung, dass sich dieselben mit den letzteren associirten, nannte HERING dieselben die Athembewegungen des Gefässsystems. Auf eine genauere Darlegung dieses Punktes und insbesondere, wie diese Versuche durch Arbeiten von THIRY und TRAUBE bereits vorbereitet waren, geht die Darstellung der Lehre von den Athembewegungen ein. Da zu jener Zeit nur das vorzüglichste der Gefässnervencentra bekannt war, so hatte HERING keinen besonderen Anhaltspunkt die erwähnten Erscheinungen auf einen anderen, als jenen Theil zu beziehen. Mit der Entdeckung von Gefässnervencentren im Rückenmark und der Beobachtung SCHLESINGER's, dass beim strychninisirten enthirnten Thiere mit der Athmungssuspension gleichfalls noch Schwankungen im erhöhten Blutdruck auftreten, kann die Frage entstehen, ob bei der von HERING zuerst gemachten Beobachtung sich nicht auch die Gefässnervencentra des Rückenmarks betheiligen. Neue Versuche haben hierüber zu entscheiden.

---

1 RICHTER, Die Wirkungen des amerikanischen Pfeilgiftes und der künstlichen Respiration bei Strychninvergiftung. Ztschr. f. rat Med. (3) VIII. S. 76; S. MAYER, Studien zur Physiologie des Herzens und der Blutgefässe. 1. Abhdlg. Sitzgsber. d. Wiener Acad. 2. Abth. Nov.-Hft. 1871; SCHLESINGER, Ueber die Centra der Gefäss- und Uterusnerven. Stricker's med. Jahrb. 1874. S. 1.

2 SURMINSKY, Ueber die Wirkungsweise des Nicotin etc. Ztschr. f. rat. Med. (3) XXXVI. S. 211. 1869; v. BEZOLD u. GOETZ, Ueber einige physiologische Wirkungen des Calabar-Giftes. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1867. Nr. 16.

Die Gefässnervencentra des Gehirns und Rückenmarks sind auch reflectorisch erregbar. In, wie es scheint, den meisten Fällen bekommt man durch Reizung sensibler Hautzweige eine Verengerung der kleineren Arterien in einem kleineren oder grösseren Bezirk. Nach Nachlass des Reizes, bisweilen sogar schon während der Fortsetzung desselben, tritt Erweiterung der vorher verengten Gefässe ein. In anderen Fällen kann sogar der Reizung ohne vorausgegangene deutliche Arterienverengerung sogleich eine Erweiterung folgen. Ob die Erweiterung grösser ist, als die, welche einer einfachen Lähmung der centrifugalen Gefässnerven durch einfache Trennung derselben vom Centrum entspricht, ist im einzelnen Falle zu untersuchen. Bei solchen Versuchen ist auch an die Möglichkeit zu denken, dass auf Reizung eines sensiblen Nerven die in einem Gefäss auftretende Erweiterung dadurch bedingt sein kann, dass jenes keiner directen Nervenwirkung in dem speciellen Versuche unterliegt, sondern sich nur desshalb erweitert, weil es mehr Blut in Folge eines anderswo verengten Bezirks empfängt. Reflectorische Erweiterungen ohne vorausgegangene Verengerungen hat man an den Ohrgefässen bei Reizung sensibler Nerven des Halsmarks und des N. ischiadicus, in dem Gebiete des Splanchnicus bei Reizung des Depressor cordis und in vielen anderen Fällen gesehen.[1] Da die Reizung einer und derselben centripetalen Bahn in demselben Gefässbezirk bald Verengerung, bald Erweiterung giebt, wie dies für verschiedene Hautnerven in Bezug auf die Ohrgefässe beobachtet worden ist, so sind manche Physiologen der Meinung nicht abhold, dass alle Gefässe des Körpers verengernde und erweiternde Bahnen bekämen, und dass je nach Umständen bald die eine, bald die andere Gattung der Gefässnerven reflectorisch erregt würde. Indess ist diese Lehre bis jetzt weder in voller Allgemeinheit bewiesen, noch sind die Umstände genügend aufgeklärt, von denen der verschiedene Erfolg einer und derselben sensiblen Hautreizung abhängt. Auf einen und d e n s e l b e n Gefässbezirk kann entsprechend einem Charakter der Reflexbewegungen überhaupt, von den v e r s c h i e d e n a r t i g s t e n, oft weit von einander liegenden Hautnerven eingewirkt werden; so z. B. auf die Arterien des äussern Kaninchenohrs durch den Auricularis vagi, Auricularis posterior, durch Zweige und den Stamm des Trigeminus, den Vagus, sensible Bahnen

1 OWSJANNIKOW u. TSCHIRIEW, Ueber den Einfluss der reflectorischen Thätigkeit d. Gefässnervencentra. Bull. de l'acad. imp. d. sciences de St. Petersbourg. XVIII. p. 18; E. CYON u. C. LUDWIG, Die Reflexe eines der sensiblen Nerven des Herzens auf die motorischen Nerven der Blutgefässe. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Cl. 5. Nov. 1866; GOLTZ, Ueber gefässerweiternde Nerven. Arch. f. d. ges. Physiol. IX. S. 189. 1874; OSTROUMOFF, Versuche über Hemmungsnerven. Ebendas. XI. S. 252.

des Plexus brachialis und ischiadicus.[1] Bemerkenswerth ist es noch, dass man auch die Ohrgefässe durch Reizung gewisser Hirntheile, wie z. B. des Cerebellums, der Grosshirnstiele etc. verengern kann; diese Erscheinungen sind indess noch nicht hinlänglich zergliedert. Man hat wohl daraus schliessen wollen, dass ausser den angegebenen Nervencentren noch Gefässnervencentren im Gehirn vorhanden wären, da man aber nach Entfernung von vor den Vierhügeln incl. dieser liegenden Hirntheilen keine dauernde Erweiterung der Blutgefässe und kein namhaftes Absinken des Blutdrucks beobachtet hat, so haben sich die meisten Physiologen noch nicht ernstlich zu einer solchen Annahme entschliessen können. Auch auf andere angebliche Erfahrungen hin, haben einige wenige Physiologen ein Gefässnervencentrum vor dem verlängerten Mark angenommen, insbesondere hat CYON von einem solchen gehandelt. Da derselbe die Widersprüche noch nicht beseitigt hat, die seinen Aufstellungen entgegengesetzt worden sind, so begnüge ich mich, um Verwickelungen durch noch streitige Punkte zu vermeiden, auf die unten angeführte Literatur in dieser Beziehung zu verweisen.[2] Von den reflectorisch erregbaren Gefässnervencentren des Rückenmarks ist noch insbesondere Einiges anzuführen, weil auf diese Art die Existenz jener mehrfach aufgezeigt worden ist. J. J. PUTNAM[3] gab an, dass bei Fröschen nach der Zerstörung des verlängerten Marks die Gefässe der Schwimmhaut des Frosches einer hinteren Extremität sich verengern, wenn man die sensitiven Nerven der anderen auf irgend eine Art reize. Diese Angabe hat später Bestätigung und weitere Ausführung durch NUSSBAUM, VULPIAN und Andere erhalten. Der erstere[4] sah am curarisirten Frosch, dem Gehirn und verlängertes Mark zerstört worden waren, durch Reizung sensibler Nerven auf sehr verschiedene Reizungsmethoden die Arterien sich contrahiren. VULPIAN[5] beobachtete, dass nach der Zerstörung des Gehirns und Rückenmarks bis in die Gegend des Abgangs der Brachialnerven die Gefässe der

---

1 SNELLEN, De invloed der zenuwen op de ontsteeking etc. Utrecht 1857; LOVÉN, Ueber die Erweiterung der Arterien in Folge einer Nervenerregung. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Cl. 30. Mai 1866; C. ECKHARD, Ueber die Centren der Gefässnerven. Meine Beiträge. VII. S. 81.

2 CYON, Sur les actions réflexes etc. Compt. rend. 1869; 3. août. Hemmungen u. Erregungen im Centralnervensystem der Gefässnerven. Mélanges biologiques tirés du Bull. etc. de St. Petersb.. VII. p. 757. 1871; HEIDENHAIN, Ueber CYON's neue Theorie der centralen Innervation der Gefässnerven. Arch. f. d. ges. Physiol. IV. S. 551. 1871; C. ECKHARD, Ueber die Centren der Gefässnerven. Meine Beiträge. VII. S. 104.

3 J. J. PUTNAM, A report of some experim. on the reflex contractions of bloodvessels. The Boston med. and surg. Journal. Vol. 82. Nr. 25. p. 469. 1870.

4 M. NUSSBAUM, Ueber die Lage des Gefässnervencentrums. Arch. f. d. ges. Physiol. X. S. 374. 1874.

5 A. VULPIAN, Leçons sur l'appareil vaso-moteur. p. 288. Paris 1875.

Schwimmhaut sich erweiterten, wenn er die Haut mit Senföl reizte und zwar in viel höherem Grade, als dies nach der Durchschneidung aller zur betreffenden Extremität gehenden Nerven der Fall war. Die Bedingungen für diese Verschiedenheiten sind noch nicht erkannt; in einer verschiedenen Länge des Marks können sie nicht liegen, da NUSSBAUM die reflectorischen Contractionen auch noch erhielt, nachdem er das Rückenmark unterhalb des Plexus brachialis durchschnitten hatte. Es liegt die Vermuthung nahe, dass, da VULPIAN mit Senföl reizte, die Erweiterung keine rein spinalreflectorische war, sondern mit einer örtlichen Lähmung der Ringmusculatur zusammenhing, wie sie nach den Versuchen von WEBER[1] an Schwimmhäuten, welche ausser aller Nervenverbindung mit dem Rückenmark sind, vorkommt. VULPIAN kannte allerdings diese Erfahrung und behauptet, dass die von ihm gesehenen Erweiterungen grösser, als die von WEBER beschriebenen gewesen seien. Derartige Schätzungen dürften aber ohne genauere Messungen trügerisch sein. Bei curarisirten Säugethieren scheint unter Ausschluss weiterer Einwirkungen auf das Mark die Erregung sensibler Nerven keine merkbare Blutdrucksteigerung und also auch wohl keine Gefässverengerung hervorzubringen, aber mächtig hervorzutreten, wenn man vorher strychninisirt.[2] Dagegen sind reflectorische Erweiterungen in mehrfachen Formen bekannt. GOLTZ macht die Angabe, dass die Reizung des centralen Stumpfes des n. ischiadicus bei einem Hunde, dessen Lendenmark von dem Dorsalmark getrennt war, Erhöhung der Temperatur des Beins der anderen Seite in Folge von Gefässerweiterung hervorbrachte und dass es ihm an solchen Hunden längere Zeit nach der Rückenmarkstrennung gelungen ist, durch die Reizung sensibler Nerven Erection des Penis hervorzurufen. Gemäss diesen Versuchen behauptet er, dass das Lendenmark das Centrum der gefässerweiternden Nerven der hinteren Extremitäten und des Penis sei.[3] Eine Prüfung dieser Angaben von anderer Seite ist bisher nicht erfolgt.

Mit der Loslösung der Gefässnerven von ihren Centren oder

---

1 H. WEBER, Experimente über die Stase an der Froschschwimmhaut. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1852. S. 361.

2 W. SCHLESINGER, Ueber die Centra der Gefäss- und Uterusnerven. Stricker's med. Jahrb. 1874. S. 20.

3 GOLTZ & FREUSBERG, Ueber die Functionen des Lendenmarks des Hundes. Arch. f. d. ges. Physiol. VIII. S. 460 und Ueber gefässerweiternde Nerven. Ebendas. IX. S. 147. 1874. Ich benutze diese Gelegenheit zu bemerken, dass Herr GOLTZ mir eine Aeusserung in den Mund legt, welche ich nicht gethan habe. Er behauptet, ich hätte aus dem Umstand, dass man durch Reizung von Hirntheilen Erectionsblutung erzeugen kann, geschlossen, das Centrum der Erection läge im Gehirn. Mein Gegner wird den Beweis für seine Behauptung durch kein Citat aus meinen Schriften beweisen können.

der Zerstörung der letzteren werden wie bereits erwähnt die bezüglichen Gefässe weiter und verlieren den etwa vorher bestandenen Wechsel der Weite ihres Lumens. Am schönsten sieht man dies an den pulsirenden Venen der Flughaut der Fledermaus.[1] Dies jedoch nur für kurze Zeit. Seltener nach Stunden, gewöhnlich erst nach Tagen, treten von neuem hier und da Verengerungen ein, die sich wieder lösen und an anderen Stellen eintretenden Verengerungen unter mancherlei Variationen Platz machen. In Fällen, wo vor der Trennung der Gefässnerven die Contractionen sich mit einer gewissen Regelmässigkeit einstellten, empfängt man meist den Eindruck, dass die neuen den alten Rhythmus gar nicht mehr, oder doch sehr unvollkommen zeigen. Um beim Studium der neuen Bewegungen keiner Täuschung zu verfallen, ist es wichtig, sich zu versichern, dass sämmtliche, zu einem Gefässbezirke gehende Nervenbahnen abgetrennt worden sind. Für die Ohrgefässe des Kaninchens ist beispielsweise eine solche Vorsicht besonders am Ort, da jene vom Sympathicus und Auricularis major her versorgt werden. Solche Contractionen der Gefässe unabhängig vom centralen Nervensystem sind von vielen Beobachtern gesehen worden. Ich habe unten[2] eine Anzahl der hierher gehörigen Beobachtungen zusammengestellt. Diese führen zu der Annahme peripherer die Gefässweite beherrschender Einrichtungen. Zu derselben Voraussetzung ist man noch durch andere Wahrnehmungen geführt worden. Vorher habe ich der älteren, von WEBER gemachten und durch VULPIAN bestätigten Erfahrung gedacht, dass man an Gefässen, die keinen Zusammenhang mehr mit Gehirn und Rückenmark haben, durch Application von Senföl noch Erweiterung hervorrufen kann. Dieselbe Wahrnehmung tritt in dem vielfach citirten Versuch von GOLTZ[3] hervor, dass dieser an einem Kaninchenbein, welches in Folge einer galvanocaustischen Operation nur noch mittelst der vasa cruralia mit dem übrigen Körper zusammenhing, durch Kälte und Senföl, Röthe, also Gefässerweiterung

1 SCHIFF, Gaz. hebd. d. Paris 1854. p. 421.

2 CUNNING, Onderzoekingen over bloedsbeweging en statis. p. 37. Utrecht 1857; LISTER, An enquiry regarding the parts of the nervous system which regulate etc. Phil. transact. 1858. p. 607; ROEVER, Kritische und experimentelle Unters. des Nerveneinflusses auf die Erweiterung und Verengerung der Blutgefässe. S. 16 ff. 1869. Wiederbeginn der Contractionen der Ohrarterien nach Durchschneidung des Sympathicus; ASP, Beobachtungen über Gefässnerven. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Cl. 1867. S. 141. Rückkehr d. Blutdrucks nach 11—12 Tagen nach d. Splanchn. - Durchschn.; HUIZINGA, Untersuchungen über die Innervation der Gefässe in der Schwimmhaut des Frosches. Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 207. 1875; GERGENS & WERBER, Ueber locale Gefässnervencentra. Ebendas. XIII. S. 44. 1876; PUTZEYS & TARCHANOFF, Ueber die Einflüsse des Nervensystems auf den Zustand der Gefässe. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874. S. 371.

3 Bericht der Naturforschervers. zu Königsberg. 1860. S. 139.

hervorrief. Endlich kann man in demselben Sinn die Gefässerweiterungen deuten, welche man bei von dem Cerebrospinalorgan losgelösten peripherischen Nerven beobachtet. Ausser den länger bekannten beschleunigten Blutströmen durch die Submaxillardrüse und den Penis bei Reizung der chorda und nn. erigentes rechnet man in neuerer Zeit noch die alte Wahrnehmung dahin, dass eine Extremität deren Hüftnerve durchschnitten, für eine gewisse Zeit wärmer ist, als die analoge andere. Früher sah man diese Wirkung als eine Folge der Lähmung der gefässverengernden Nerven und der dadurch bedingten grösseren Blutzufuhr an. Goltz[1] hat dieselbe dahin gedeutet, dass er in der Durchschneidung einen Reiz für in dem n. ischiadicus verlaufende, gefässerweiternde Nerven erblickte. Er wurde in dieser Deutung nicht allein durch den bereits bekannten Umstand bestärkt, dass die erwähnte Erwärmung später wieder abnimmt, sonauch durch die von ihm angegebene Wahrnehmung, dass bei electrischer Reizung des Hüftnerven Temperaturerhöhung in der Hinterpfote entsteht. Indess ist diese Vorstellungsweise und das zuletzt erwähnte Versuchsergebniss angetastet worden. Der Mangel einer analogen Gefässerweiterung bei der einfachen Durchschneidung der chorda oder nn. erigentes stimmt nicht gut mit jener Ausdeutung, ausserdem fanden andere Forscher[2], dass an dem frisch durchschnittenen Ischiadicus die übliche electrische Reizung Gefässverengerung und nur die eines einige Tage zuvor durchschnittenen Gefässerweiterung giebt. Um dies verschiedene Resultat der Reizung begreiflich zu finden, kann man entweder annehmen, dass die Reizung eines degenerirten Nerven einen anderen Erfolg, als die eines gesunden giebt, oder dass in den Hüftnerven zwei Arten von Gefässnerven verlaufen, von denen die gefässverengernden früher absterben, als die gefässerweiternden. Auf Grund der Thatsache, dass auch der frische Nerv bei electrischer Erregung Erweiterung giebt, wenn man denselben rhythmisch, etwa so reizt, dass er in Zeitintervallen von etwa 5 Sec. von einem Inductionsstoss durchfahren wird, kann man die letztere Annahme begünstigen. So spräche denn auch diese in Verbindung mit den vorher erwähnten Thatsachen für die Existenz peripherer Einrichtungen, unter deren Einfluss die Weite der feinen Körpergefässe gestellt ist. Man fragt sich, worin dieselben bestehen? Lister stellte zuerst die Hypothese auf, dass sie auf Ganglienzellen zu beziehen seien, welche sich in den gefässhaltigen Körpertheilen

1 Goltz, Ueber gefässerweiternde Nerven. Arch. f. d. ges. Physiol. IX. S. 174.

2 Putzeys u. Tarchanoff, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874. S. 371; A. Ostroumoff, Versuche über die Hemmungsnerven der Hautgefässe. Arch. f. d. ges. Physiol. XII. S. 255 ff.

befinden möchten. Weitere Gründe, als die Existenz von Gefässverengerung an den nach Zerstörung des Marks weiter gewordenen Gefässen hat er nicht vorgebracht. Neuere Forscher sprechen bisweilen diese Hypothese als die ihrige an, keiner von ihnen aber hat, so lange er nicht über den allgemein gehaltenen Ausspruch Lister's hinausgeht, eine Anwartschaft auf Priorität. Unter denen, die versucht haben, mit Hilfe der Ganglientheorie in diese Angelegenheit weiter einzudringen, sind Huizinga und Ostroumoff zu erwähnen. Der erstere unterscheidet, wie dies bereits mehr oder weniger deutlich vor ihm schon ausgesprochen worden ist, spinale und locale Gefässnervencentra. Die Erregungszustände beider lässt er durch centripetale Nerven beeinflusst werden. Reize von mässiger Stärke erregen nach ihm beide Gefässnervencentra und rufen reflectorische Gefässverengerung hervor. Wird der Reiz sehr stark, so vernichtet er zeitweilig die Thätigkeit beider Centra und es entsteht Gefässerweiterung. Damit der letztere Effect zu Stande komme, müssen für die spinalen Centren die Reize stärker, als für die localen sein. Von dem thatsächlichen Material, auf welches hin Huizinga die erwähnte Vorstellung ausgesprochen hat, hebe ich hervor, dass sich die Gefässe der Schwimmhaut, nachdem sie vom Cerebrospinalorgan gelöst sind, sich noch reflectorisch bei mechanischer starker Reizung der Zehen erweitern, bei schwächern verengern sollen[1]. Ostroumoff[2] stellt sich die Angelegenheit etwas anders vor. Die die Rolle von Gefässnervencentra spielenden peripherischen Ganglien stehen nach ihm unter dem Einflusse der gefässverengernden und gefässerweiternden Nerven. Zu dem von den localen Gefässcentren unterhaltenen Gefässtonus addiren sich die automatischen Erregungen der ersteren, die der letzteren setzen die Wirksamkeit der Centren herab. Der jeweilige Zustand des Gefässtonus hängt daher ab von der jeweiligen automatischen Erregung der peripheren Gefässganglien und der Resultante, die aus den Wirkungen der gefässverengernden und gefässerweiternden Nerven auf die localen Centren entspringt. Die Theorie der localen Gefässnervencentren, welche definitive Form sie auch annehmen möge, scheint bereits eine grosse Stütze in dem Umstand zu haben, dass man in der Umgebung der kleinen Gefässe und den Gefässwänden selbst mit Ganglienzellen versehene Nervenplexus beobachtet hat.[3]

1 Huizinga, Untersuchungen über die Innervation der Gefässe. Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 217.

2 A. Ostroumoff, Versuche über die Hemmungsnerven der Gefässe. Arch. f. d. ges. Physiol. XII. S. 219. 1876.

3 Vulpian, Leçons sur l'appareil vaso-moteur. I. p. 172.

Eine ähnliche Deutungsart, wie sie hier für die von den cerebrospinalen Nerven unabhängigen Gefässcontractionen gegeben worden ist, hat man auch für die flimmernden Bewegungen an der Zunge des Hundes nach der Hypoglossussection und, was uns hier näher liegt, die neuen Contractionen der Lymphherzen nach Trennung ihrer Rückenmarksnerven versucht. Für die genannten Bewegungen der Zunge habe ich auf eine andere mögliche Deutung aufmerksam gemacht. Da nämlich das erwähnte flimmernde Spiel erst einige Tage nach der Nervendurchschneidung sich zu zeigen anfängt und man nicht recht begreift, weshalb die peripheren Ganglien nicht sofort von ihrem Rechte Gebrauch machen, auch die Art der Bewegung wenig einheitliche Wirkung von gangliösen Apparaten, sondern mehr eine planlose Erregung geringer Intensität in verschiedenen Nervenfasern anzudeuten scheint, so sagte ich, dies Alles werde auch durch die Annahme verständlich, dass sich der durchschnittene Nerv, etwa in Folge seines chemischen Zerfalls, in ungeordneter Erregung befinde und meinte, dass auch der Wiederbeginn von Gefässcontractionen nach Lösung des Zusammenhanges zwischen den Gefässnerven und dem cerebrospinalen Nervensystem eine solche Erläuterung zulasse.[1] Diese Ansicht wird sich nun freilich nicht mehr für solche Gefässe halten lassen, bei denen die Beobachtung eine reflectorische Einwirkung, unabhängig von Gehirn und Rückenmark dargethan hat, falls sich diese wirklich als eine durch locale Gefässnervencentren vermittelte ausweist. Man verwerfe indess nicht für alle neuen Gefässcontractionen diese Möglichkeit, ihre Prüfung und Zurückweisung durch neue Thatsachen kann der Sicherung der Ganglientheorie nur dienlich sein. Was die Lymphherzen anlangt, so kann man sich auch noch nicht überzeugend entschliessen, dass ihre neuen Contractionen auf die wenigen Ganglienzellen zu beziehen sind, die Waldeyer in ihrer Nähe gesehen; denn da Hindurchleiten lähmender, constanter Ströme durch die Nerven normal schlagender Lymphherzen diese zur Ruhe verweist, so geht daraus eine ziemliche Bedeutungslosigkeit der Ganglienzellen für die Bewegungen jener hervor; es müsste sich dann ihre Bedeutung erst nach der Trennung der Lymphherzennerven ausbilden, eine Annahme, die indess noch näher zu begründen wäre. Aus der ganzen Darstellung aber über die verschiedenen Eigenschaften der Gefässnervencentren erhellt, dass auch diese Lehre noch ihres definitiven Abschlusses harrt.

Die Centren für die Schweisssecretion und die für Tem-

---

1 Meine Beiträge. VII. S. 107. 1873.

peraturregulirung angenommenen werden in anderen Artikeln unseres Buches besprochen werden.

V. Beziehungen zwischen den verschiedenen Centren des verlängerten Marks.

Es ist überraschend, zu vernehmen, wie zusammengesetzt der physiologische Bau des verlängerten Markes ist. Abgesehen davon, dass in ihm bereits weniger als für das Rückenmark zu bezweifelnde Spuren sogenannter seelischen Thätigkeiten und für die Bewegung der Skeletmuskeln wichtige Vorrichtungen, wie im folgenden Abschnitte nachzusehen, vorkommen, ist hier, wie sich aus den beiden vorhergegangenen Abschnitten ergibt, eine grössere Anzahl besonderer Centren localisirt. Da finden wir: das der Athmung, des regulatorischen Herznervensystems, das jedenfalls hervorragendste unter den Gefässnervencentren, das der Speichelsecretion, des Schlingactes und die wichtige Stelle für die Zuckerausscheidung. Obschon im Vorigen die wesentlichsten Eigenschaften aller dieser Centren abgehandelt worden sind, so erscheint es nicht überflüssig jetzt noch einmal auf dieselben in der Weise zurückzukommen, dass ich darzustellen versuche, in welchen gegenseitigen Beziehungen dieselben zu einander stehen. Zuerst ist darauf aufmerksam zu machen, dass nicht alle in derselben Weise erregbar sind. Durch den Willen ist nur das Athmungscentrum und das Centrum der Schlingbewegung zu erreichen, selbstverständlich nicht in ihrem ganzen Umfang; alle übrigen sind der directen Einwirkung des Willens entzogen. Andere seelische Zustände, wie die Phantasie, so scheint es wenigstens, vermögen auch noch auf das Gefässnervencentrum und das des regulatorischen Herznervensystems einzuwirken; wir schliessen dies aus dem veränderten Herzschlag und der veränderten Blutfülle einzelner Körpertheile bei jenen Erregungen. Vielleicht gehört auch das Centrum der Speichelsecretion in diese Categorie. Nicht alle scheinen sich in tonischer Erregung zu befinden, dieser Ausdruck im Sinne von S. 63 genommen, indem die Speichelsecretion nicht continuirlich, sondern nur reflectorisch geschieht; vielleicht reiht die weitere Forschung auch gewisse Seiten der Bildung und Ausscheidung von Harnbestandtheilen hier ein. Ob die Schluckbewegung hierher gehört, ist zweifelhaft, da bisweilen eine solche ohne nachweisbaren Reiz zu geschehen scheint. Reflectorischen Einwirkungen sind sie sämmtlich zugänglich. Sodann ist hervorzuheben, dass mit der Erregung des einen, sich sehr leicht die eines oder mehrer andern verknüpft. Ueber diese Associationen ist Folgendes bekannt. Einige jener Centren verfallen

sehr schwer in Mitthätigkeit und ziehen in ihre Erregungszustände ebenso selten oder gar nicht andere mit hinein. Es ist nicht bekannt, dass während einer Schlingbewegung andere Centren nennenswerth in Erregung verfallen; doch müssen hierüber erst noch einige Versuche angestellt werden, indem möglicher Weise das Centrum der Speichelsecretion während dieser Zeit eine Anregung erfährt. Nur das Athmungscentrum wird berührt, insofern dasselbe während jenes Actes zur Ruhe verwiesen wird. Umgekehrt stellt sich bei der Erregung irgend eines anderen Centrums nie eine Schlingbewegung ein, auch nicht während der reflectorischen Speichelabsonderung, es sei denn, dass der bereits abgesonderte Speichel einen neuen Reiz einführt. Hiernach könnte es scheinen, als ob auch das Centrum der Speichelsecretion sich in ähnlicher Abgeschiedenheit befände. Dies ist jedoch nicht ganz so. Die reflectorische Erregung desselben durch schmeckbare Substanzen von der Mundhöhle aus setzt zwar keinen anderen sehr in die Augen fallenden Reflex, aber aus den Erfahrungen, dass die normale Speichelsecretion stets von einem geänderten Blutstrom mindestens durch die Submaxillardrüse hindurch begleitet ist, und dass die Reizung des centralen Ischiadicusstumpfes, welche bekanntlich reflectorisch auf das Gefässcentrum wirkt, auch die Speichelsecretion anregt, folgt, dass das Centrum dieser in einer Verknüpfung mit dem Gefässnervencentrum steht, welche für das Centrum der Schlingbewegung nicht zu bemerken ist. Beachtenswerth und zu einer näheren Untersuchung einladend ist jedoch der Umstand, dass sich nur mit einer Erregung des Gefässnervencentrums auf dem reflectorischen Wege der Ischiadicusreizung das Centrum der Speichelsecretion sollte ansprechen lassen. In einer, wenn auch nicht gänzlichen, so doch hervorragenden Abgeschiedenheit scheint auch das Diabetescentrum zu leben, wenn überhaupt von einem solchen die Rede sein kann, was bekanntlich zur Zeit noch sehr fraglich ist. Innerhalb weiter Grenzen können die Thätigkeiten sämmtlicher im verlängerten Mark liegender Centren verändert werden, ohne dass man eine merkbare Thätigkeit des eben erwähnten Centrums bemerkt. Bei diesem Ausspruch sehe ich selbstverständlich ab von den Einwirkungen, welche das verlängerte Mark bei mechanischen Einwirkungen, oder in das Blut eingeführten Substanzen treffen, da hierbei nicht entschieden werden kann, ob ein Centrum durch Association oder durch directen Eingriff seine Arbeit beginnt. Bekannt ist bis jetzt nur, dass eine Erregung des centralen Vagusstumpfes oder des obern Kehlkopfnerven Diabetes gibt. Diese Einwirkung erstreckt sich bekanntlich auf die Centren der Athembewegung, des

regulatorischen Herznervensystems und der Gefässnerven und es ist daher fraglich, mit der Erregung welches dieser Centren das Diabetescentrum vorzugsweise verknüpft ist. Hierüber lassen sich zur Zeit nur unsichere Conjecturen machen. Viel inniger unter einander ist der Rest der Centren des verlängerten Marks verknüpft. Dies wird durch eine ganze Reihe von Wahrnehmungen bewiesen. Schon ohne alle experimentelle Zuthat treten diese Beziehungen hervor. Es ist bekannt und in den Bearbeitungen der Herz- und Athembewegungen unseres Werkes nachzusehen, wie mit den verschiedenen Athmungsphasen die Herzbewegungen und der Blutdruck sich ändern, und zwar der letztere in einer Weise, welche aus den rein mechanischen Wirkungen der Athembewegungen auf den Kreislauf allein nicht verständlich ist, sondern die Annahme einer periodischen Wirkung des Gefässnervencentrums verlangt, deren Existenz für sich auch in der That sich hat nachweisen lassen.[1] Ausserdem lässt sich durch viele Versuche die angegebene Beziehung darlegen. Dabei ist jedoch die Vorsicht zu gebrauchen, dass die Folgen der veränderten Wirkung eines Centrums, die sich unter Umständen so gestalten können, dass sie in das Erscheinungsgebiet eines anderen hineingreifen nicht für eine Association des letzteren genommen werden. Wenn wir willkührlich das Athmungscentrum in irgend einer Form in ungewöhnliche Thätigkeit versetzen, so können Veränderungen im Herzschlag und in der Blutfülle einzelner Theile vorkommen, welche auf eine gleichzeitig eintretende Veränderung in der Wirkungsweise der beiden anderen Centren bezogen werden könnten. Da aber dabei der Gasgehalt des Blutes ein anderer wird und auch die mechanischen Wirkungen der Athmung auf die Blusströmung in Betracht kommen können, so ist es nicht leicht festzusetzen, ob und wieviel dabei auf Rechnung veränderter Thätigkeit der anderen Centren durch diese Umstände kommt. Aehnlich verhält es sich, wenn der Gang der Athembewegungen durch Reizung des reinen centralen Vagusstumpfes abgeändert wird. Dagegen lässt sich bei reflectorischen Erregungen, durch welche nur die Centren des regulatorischen Herznervensystems und der Gefässe gleichzeitig in aussergewöhnliche Wirkungsweise treten, oft, freilich mehr oder weniger überzeugend, darthun, dass es sich um reine Associationen derselben handelt. Die Reizung des centralen Stumpfes des N. depressor cordis erzeugt zu gleicher Zeit Verlangsamung des Pulses und Absinken des Blutdrucks. Um zu entscheiden, ob es sich hier um gleichzeitige Erregung des

---

1 vgl. oben S. 80.

Gefässnervencentrums und des regulatorischen Herznervencentrums handle, oder das Sinken des Blutdrucks nicht einfache Folge der verlangsamten Schlagfolge des Herzens ist, durchschneidet man vor der Reizung beide Vagi. Da man dann noch Absinken des Blutdrucks, aber keinen verlangsamten Puls mehr findet, so kann es sich hier nur um eine gleichzeitige reflectorische Erregung der beiden genannten Centren handeln. So in ähnlichen Fällen. Ob bei diesen Associationen die bezüglichen Centren durch Anastomosen direct unter sich verknüpft sind, oder ob die Innervationswege, durch deren Erregung jene hervorgerufen werden, sich irgendwo trennen und ihre Zweige einzeln mit je einem Centrum verknüpft sind, ist zur Zeit noch unentschieden.

VIERTES CAPITEL.

Andere Functionen des Rückenmarks und Gehirns.

Eine scharfe Definition von den seelischen Thätigkeiten kann die Physiologie nicht geben; wir beginnen von solchen zu reden, sobald ihre Zergliederung sich dem Versuche nicht mehr befriedigend fügt, sie auf Erfahrungen zurückzuführen, die sich als eine Kette rein physischer Ursachen und Folgen begreifen lassen. So kommt es, dass für viele Thätigkeiten des Gehirns eine gewisse Willkühr und Verschiedenheit bei der Anwendung einer kurzen Bezeichnungsweise herrscht. Ich gebe daher gern zu, dass man darüber streiten kann, ob die im Folgenden beschriebenen Thätigkeiten verschiedener Hirntheile mit Recht ihren Platz in diesem Capitel zu finden hätten. Für manche ist es augenscheinlich, dass wir sie nicht zu den seelischen zu rechnen haben, dennoch habe ich sie hier eingereiht, weil sie entweder in ihrer Entstehung ebenso unklar sind, als die sogenannten psychischen, oder wenn sie klarer sind, entweder in naher Beziehung zu letzteren stehen, oder ihre Heranziehung sich deshalb empfiehlt, weil dadurch die Functionen der einzelnen Hirntheile weniger von einander getrennt werden. Da, wie ich glaube, es den Lesern, für welche unser Buch bestimmt ist, in erster Linie um die Kenntniss des Thatsächlichen zu thun ist, so wird der Nachtheil, der

meinem Verfahren vorgeworfen werden kann, praktisch von keinem erheblichen Belang sein.

I. Seelische Thätigkeiten des Rückenmarks.[1]

Ich nehme hierbei die Grenzen des Rückenmarks in der jetzt in der descriptiven Anatomie üblichen Weise. Da wir von einem Thiere, welches aller vor seinem Rückenmark liegender Nerventheile beraubt ist, in der Regel keine Bewegungen der Art mehr ausführen sehen, wie wir sie an einem noch mit dem ganzen Gehirn versehenen zu beobachten gewohnt sind, so sagen wir, das Rückenmark entwickelt keine seelischen Thätigkeiten. Indess ist bekannt, dass solche derart existiren können, dass sie nicht augenfällig und so ohne Weiteres in die Erscheinung treten. Der Sprachgebrauch hat entschieden, dass sich nicht äussernde Empfindungen, selbst die Traumbilder zu den seelischen Thätigkeiten gerechnet werden sollen. Man muss daher die Möglichkeit zugeben, dass ein Thier ohne Gehirn mittelst seines Rückenmarks derartige Thätigkeiten entwickeln könne. Es muss also genauer untersucht werden, ob ein solches nicht gelegentlich verrathe, dass es derartige Eigenschaften besitze. Die neurologische Forschung hat in der That diesen Versuch gemacht und einzelne Forscher sprechen sich zufolge gewisser Beobachtungen und Erwägungen günstig für die Existenz einer Rückenmarkseele aus. Man hat darauf aufmerksam gemacht, dass bei einem nur mit Rückenmark versehenen Thiere auf Hautreize Bewegungen entstehen können, die so aussehen, als ob sie für eine Abwehr oder einen Schutz gegen diesen Reiz berechnet seien. Da aber bei Anwesenheit des Gehirns in ähnlichen Fällen ebenso und zwar, wie aus Erfahrungen beim Menschen im wachenden und schlafenden Zustande hervorgeht, unbewusst, verfahren wird, so ist keine Nöthigung vorhanden, bei jenen Erscheinungen ein seelisches Princip vorauszusetzen. Ferner ist gesagt worden, dass die eben erwähnten Bewegungen oft anders ausfielen, als nach den Reflexbewegungen zu erwarten sei; aber es ist erst zu begründen, was bezüglich der Bewegungen, um die es sich jeweilig handelt, für das bestimmte Thier Reflexionsgesetz sei, da das, was man bei einem Thiere für ein solches Gesetz hält, für

1 Ausser älteren Naturforschern und Aerzten, wie z. B. Boyle, Marherrus vergl. man: Volkmann, Ueber Reflexbewegungen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1838. S. 1; George Paton, On the perceptive power of the spinal cord etc. Edinburgh med. and surg. journ. LXV. p. 251. 1846; Ed. Pflüger, Die sensoriellen Functionen d. Rückenmarks etc. Berlin 1853; Auerbach, Ueber psychische Thätigkeiten d. Rückenmarks. Günzburg's med. Zeitschr. IV. 1853; J. Blumenthal, De medullae spinalis sensorio. Berolini 1862. Ausführlich historische kritische Darstellung.

eines anderen Baues es nicht zu sein braucht. Unter den hierher gehörigen Erfahrungen zählt die so häufig erwähnte, dass, wenn man dem Schwanze eines geköpften Salamanders oder eines Aales einen brennenden Körper nähere, jener so bewegt werde, dass er nicht mit diesem in Berührung komme. Nach der Anordnung der Musculatur aber und dem Gesetze der einseitigen Reflexe sei, so sagt man, das Gegentheil zu erwarten gewesen. Um diesem Versuche noch eine grössere Beweiskraft zu verschaffen, hat man angegeben, dass ein geköpfter, mit salpetersaurem Strychnin vergifteter Aal während des Krampfparoxysmus den Schwanz der Lichtflamme zubiege, meinend, dass dann die Empfindung ausgeschlossen sei. AUERBACH aber versichert, dass dies keine constante Erscheinung sei. Uebrigens büsst dieser Grund den grössten Theil seiner Beweisfähigkeit durch die neuere Beobachtung ein, dass geköpfte Schlangen den Körper glühenden Kohlen zuwenden.[1] Einen weiteren Grund hat man der Erfahrung entnommen, dass die auf gewisse Reize erfolgenden Bewegungen verschieden ausfallen, je nachdem man dem kopflosen Präparat gewisse Bewegungsmöglichkeiten gestattet, oder auf die eine oder die andere Art versagt, indem man dazu bemerkt, dass, wenn es sich dabei um bestimmte durch mechanische Einrichtungen gegebene Beziehungen zwischen sensitiven und motorischen Nerven handle, dieselben durch die erwähnten Umstände nicht gelockert werden dürften. Hierher gehören die Versuche, in denen die Thiere nach dem Abschneiden von Gliedern auf gewisse Reize andere Abwehrbewegungen etc. ausführen, als sie nach denselben äusseren Anregungen bei nicht verstümmeltem Körper machen. Indess ist hierbei zu beachten, dass, indem gewisse Bewegungen versagt sind, also der Reiz durch solche auch nicht sofort entfernt oder in seiner Einwirkung gemässigt werden kann, ihm durch längeres Fortbestehen gestattet ist, sich durch Summation auf andere Bahnen auszubreiten. Ferner ist zu bedenken, dass bei der unvollkommenen Vorstellung, die wir über die molekulären Vorgänge der Innervation haben, es nicht möglich ist zu überschlagen, ob sich die Erregungen bei der höchstwahrscheinlichen doppelten Leitungsfähigkeit der Nerven in gleicher Weise ausbreiten werden, wenn eine Bewegung effectiv zu Stande kommt, oder verhindert ist. Einen letzten Grund hat man aus dem Verhalten des männlichen Frosches während der Begattung entnehmen wollen. Schneidet man einem solchen den Kopf ab, betupft den Arm mit Essigsäure und zieht man, während er die Arme zur Ent-

1 OSAWA u. TIEGEL, Beobachtungen über die Functionen des Rückenmarks der Schlangen. Arch. f. d. ges. Physiol. XVI. S. 90. 1877.



fernung des Reizes öffnet, das Weibchen weg, so reagirt er nachher nicht auf verschiedene Gegenstände, die man auf ihm hin und her bewegt, wohl aber thut er dies bisweilen, wenn man einen sich bewegenden Frosch auf ihn legt, indem er die gebeugten Arme öffnet und jenen fest umschliesst. Aber auch diese Art der Beweisführung für die Existenz einer Rückenmarksseele ist nicht überzeugend, denn der kopflose vom Weibchen befreite Frosch umklammert sinnlos nicht allein auch einen männlichen ihm zwischen die Arme geschobenen Frosch, sondern auch andere Gegenstände. Bemerken wir hierzu noch, dass Fälle von Rückenmarksverletzungen beim Menschen bekannt sind, wo, wie die Section nachwies, dieselben einer Trennung gleichkamen, und das untere Stück zur Auslösung der vollendetsten Reflexbewegungen fähig war, bei welchen niemals der Mensch, der jedenfalls über die Existenz von Empfindungen und seelischen Thätigkeiten die beste Auskunft geben kann, von noch bestehenden Empfindungen etwas berichtet hat. Nun können zwar bei verschiedenen Thieren die seelischen Thätigkeiten auf sehr verschiedene Nervenabschnitte vertheilt sein, so dass beim Salamander, Aal etc. den Thieren, bei denen man die für die Existenz einer Rückenmarkseele günstigsten Resultate erhalten hat, dem Rückenmark eine andere Bedeutung zukommt, als beim Menschen; für diese Annahme müssen dann aber auch, was bisher unmöglich war, Zeugnisse beigebracht werden, die keiner mehrfachen Auslegung fähig sind. Es muss dies um so mehr verlangt werden, als neben den erwähnten Versuchen Erfahrungen gemacht worden sind, welche ebenso stark gegen eine Rückenmarksseele sprechen, als die vorher erwähnten dafür zu reden scheinen. Abgesehen von der vorher erwähnten Beobachtung am Menschen ist noch auf folgende aufmerksam zu machen: Goltz[1] beobachtete zuerst und Foster[2] bestätigte es, dass, wenn man einen nur noch mit Rückenmark behafteten Frosch in Wasser setzt, welches man allmählich bis zu ca. 40 ° C. erwärmt, das Präparat ohne die geringsten Fluchtversuche zu machen, allmählich dem Rigor caloris verfällt, während, wenn man den Versuch an einem Frosch wiederholt, dem man noch das verlängerte Mark, oder ausser diesem noch andere Hirntheile gelassen hat, er mehr oder weniger deutliche Versuche macht, dem warmen Elemente zu entfliehen, oft schon bei 30 ° C. Es ist jedoch dabei zu beachten, dass wenn man die allmäh-

1 Goltz, Königsberger med. Jahrb. II. S. 218 und: Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches. S. 127—128. Berlin 1869.

2 Foster, On the effects of a gradual rise of temperature on reflex actions in the frog; in: Studies from the physiological laboratory in the University of Cambridge. I. p. 36. 1873.

liche Erhöhung der Temperatur sehr vorsichtig langsam, etwa in der Art ausführt, dass auf die Secunde ca. $^{1}/_{300}$ ^{0} und weniger Erhöhung kommt, auch der noch mit verschiedenen Hirntheilen versehene Frosch, ohne Bewegungen zu machen, der Wärmestarre verfallen kann.[1] Es treten also die Unterschiede des nur noch mit Rückenmark versehenen Thieres einerseits, und desjenigen, dem man mehr oder minder Hirntheile gelassen hat andererseits, nur bei einer gewissen Schnelligkeit der Temperaturerhöhung auf. Aus diesen Mittheilungen ersieht man, dass die Versuche, welche man für das Vorhandensein einer Rückenmarkseele angeführt hat, nicht vollkommen beweisend sind, und dass sich denselben andere gegenüberstellen lassen, denen zufolge man dem Rückenmark eine Seele absprechen muss. Wer sich noch mit anderen, jedoch minder wichtigen Thatsachen bekannt machen will, auf die sich die Vertheidiger einer Rückenmarkseele berufen, der lese die vorher citirten Schriften, versäume aber zugleich nicht die Kritik zu beachten, welche LOTZE[2] der Arbeit PFLÜGER's gewidmet hat.

II. Verschiedene Thätigkeiten des Gehirns.

Um die Beziehungen kennen zu lernen, in welchen verschiedene Theile des Gehirns zu den seelischen Thätigkeiten stehen, hat man Thieren mehr oder weniger Hirntheile weggenommen oder in der einen oder anderen Art lädirt und hierauf sowohl deren spontanes als auch auf verschiedene Einwirkungen erfolgendes Verhalten beobachtet, daneben auch die Erscheinungen in Betracht gezogen, welche sich bei Menschen kund gaben, deren Hirnbildung durch Entwickelung oder Krankheit irgend welcher Art defect war. Indess ist es nicht leicht, unantastbare Schlüsse aus derartigen Beobachtungen zu ziehen. Bei Thieren sind die Erscheinungen wegen unsicherer Kundgebung ihrer Seelenthätigkeiten oft mehrdeutig und beim Menschen besitzen die abnormen anatomischen Verhältnisse nur sehr selten die nothwendige Einfachheit. Spuren dieses Verfahrens reichen bis in das Alterthum hinauf und vereinzelte, mehr oder weniger ausgedehnte Prüfungen, zum Theil mit beachtenswerthen Resultaten und Bemerkungen finden sich in den Schriften der hervorragenden Anatomen und Aerzte des 17. und 18. Jahrhunderts. Die inhaltreichern Arbeiten beginnen jedoch erst in diesem Jahrhundert und zwar mit ROLANDO und FLOURENS[3]. Auf das Verdienst der Genannten

---

1 A. HEINZMANN, Ueber die Wirkung sehr allmäliger Aenderungen thermischer Reize auf die Empfindungsnerven. Arch. f. d. ges. Physiol. VI. S. 222. 1872.

2 LOTZE, Göttinger gelehrte Anzeigen. 1853. Stück 174—177. S. 1748—1759.

3 LUIGI ROLANDO, Saggio sopra la vera struttura del cervello dell' uomo e degli animali e sopra le funzioni del sistema nervoso. Sassari 1809. Diese älteste nur aus

und die Förderer dieser Angelegenheit in unserer Zeit komme ich in der nun folgenden speciellen Darstellung zu sprechen. Die einzelnen Versuche auf diesem Gebiete haben bald einen, bald mehrere Hirntheile zu gleicher Zeit zum Gegenstand der Untersuchung gewählt. Ich führe dieselben einzeln vor und gebe am Ende dieses Abschnitts eine Uebersicht der daraus sich ergebenden Ableitungen.

1. *Verlängertes Mark.*

Nachdem die allgemeine Prostration, welche sich unmittelbar nach der Operation bei einem Frosche, nach Abtragung sämmtlicher vor dem verlängerten Mark liegenden Hirntheile, incl. des kleinen Gehirns, einstellt, vorüber ist, bewegt sich das erhaltene Präparat nicht mehr spontan. Kommen, was aber sehr selten geschieht Bewegungen vor, so ergeben sie sich bei näherem Nachforschen als Folgen äusserer Reize. Das Thier nimmt aber bald eine Stellung an, welche seiner natürlichen Haltung im ruhenden unverletzten Zustand gleichkommt. Auf den Rücken gelegt macht es Anstrengungen, die Bauchlage zu gewinnen, jedoch meist ohne Erfolg. Auf Reize, welche die sensiblen Gliedernerven treffen, entstehen je nach der Stärke jener Bewegungen, die entweder nicht wesentlich verschieden sind von denen, welche ein nur noch mit dem Rückenmark versehenes Thier zeigt, oder sie gestalten sich in so fern zusammengesetzter, als sie sich in Form von Kriechbewegungen oder kleinen Sprüngen zusammensetzen [1]. Goltz [2] und Andere läugnen die letzteren; nach ihnen hat der nur noch mit Rückenmark und verlängertem Mark versehene Frosch jede Fähigkeit zu kriechen oder springen verloren. Ich komme beim Kleinhirn auf diesen Widerspruch zurück. Frösche der beschriebenen Art im Wasser angeregt, schwimmen noch,

98 Seiten bestehende Ausgabe ist sehr selten geworden. Zur Zeit ihres Erscheinens hat sie sehr wenig Beachtung gefunden. Nach dem Bekanntwerden der Arbeiten von Flourens in den Mémoires de l'académie royale des sciences de l'institut aus den Jahren 1822 u. 1823, welche später 1824 in erster und 1842 in zweiter Ausgabe unter dem Titel: „Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux" herausgekommen sind, erhoben sich bezüglich einzelner darin enthaltener Angaben mehre Stimmen zu Gunsten der Priorität Rolando's. Um die Physiologen zu befähigen, sich ein eigenes Urtheil über die Ansprüche von Rolando und Flourens zu bilden, gab Magendie im III. Bd. seines Journals 1825. p. 95 eine französische Uebersetzung des Hauptinhaltes der Schrift von Rolando. Die letztere erschien übrigens 1828 in zweiter, vermehrter Ausgabe, welche auffallender Weise wenigstens bei uns in Deutschland ebenfalls nicht häufig zu haben ist.

1 A. Desmoulins, Anatomie des systèmes nerveux des animaux à vertèbres. II. partie. 1825. p. 560; Renzi, Saggio di fisiologia sperimentale sui centri nervosi della vita psichica nelle quattro classi degli animali vertebrati. Annali universali di medicina etc. dal R. Griffini. Vol. 186. p. 179 ff. 1863.

2 Goltz, Beiträge zur Lehre von den Functionen der Nervencentren des Frosches. S. 76. Berlin 1869.

und wenn auch die Bewegung nicht so vollkommen und andauernd ist als bei solchen, welche noch andere Hirntheile besitzen, so unterscheiden sie sich doch dadurch wesentlich von solchen, die nur noch das Rückenmark haben. Zur Befriedigung des Athmungsbedürfnisses heben sie die untergetauchte Schnauze aus dem Wasser[1]. Setzt man sie in Wasser, welches man nicht allzu langsam[2] allmälig auf 28—30° R. erwärmt, so machen sie Versuche zum Entfliehen; zu einem wirklichen Entrinnen kommt es jedoch nicht. Auch über Warmblüter, welche in ähnlicher Weise operirt waren, liegen Beobachtungen vor. Ihre Bewegungen sind zwar wegen des raschen Untergangs der Thiere in Folge der Blutung nicht so oft und bequem als bei Kaltblütern untersucht worden, aber es ist doch bereits so viel gesehen worden, dass man annehmen darf, es finde keine wesentliche Differenz statt. DESMOULINS, welcher die Entfernung der nicht zum verlängerten Mark gehörenden Theile, inclusive des Kleinhirns, so ausführte, dass dabei der macroscopische Ursprung des Trigeminus erhalten blieb, giebt an, dass die Thiere noch jeder Art von Empfindung mit Ausnahme der Gesichtswahrnehmungen fähig gewesen seien. Genauere Angaben darüber, wie er sich davon überzeugt habe, fehlen jedoch. Nur für die Existenz der Empfindung des Schmerzes führt er das Schreien der Thiere nach heftigen Reizen an. Bezüglich der Bewegungen behauptet er, dass dieselben gegenüber Reizen noch so ausgeführt worden seien, als wären die Thiere intact gewesen. Die beiden zuletzt genannten Merkmale werden auch von anderen Forschern als Eigenschaften von Säugethieren, welche nur noch das Rückenmark und verlängerte Mark besassen, angegeben[3]. Bezüglich der Ortsbewegungen könnten die Angaben klarer sein. Ich habe den vorstehenden Ausdruck deshalb gewählt, weil DESMOULINS sagt, die Bewegungen seien nicht mehr gestört, als sie es nach der alleinigen Entfernung des Kleinhirns gewesen sein würden. Ich bemerke dies, weil damit eine Erfahrung von FERRIER[4] nicht zu stimmen scheint, dass Kaninchen, bei welchen ein Schnitt dicht hinter den Vierhügeln das Gehirn trennte, jeder Erhebung und Ortsbewegung unfähig gewesen seien. Auch FLOURENS, BROWN-SÉQUARD sprechen nur von Bewegungen, nicht aber Ortsbewegungen, welche solche Thiere nach starken Reizen ausführen. Zahlreicher sind die Versuche, durch ge-

1 Dieses Merkmal müsste jedoch noch einmal sorgfältiger geprüft werden.
2 Siehe oben S. 94.
3 FLOURENS, Recherches expérimentales etc. 2 de édit. p. 183. 219. Paris 1842. BROWN-SÉQUARD, Compt. rend. XXIX. p. 672. 1849.
4 FERRIER, Die Functionen des Gehirns. Uebers. v. OBERSTEINER. S. 84. Braunschweig 1879.

wisse am verlängerten Mark angebrachte Läsionen unsere Einsichten in die Functionen desselben zu bereichern. RENZI behauptet, dass Verletzungen des tuberculum acusticum beträchtliche Störungen des Gehörs und eine Verwundung des spatium opticum [1] einen gewissen Grad von Amblyopie hervorrufe und zwar auf der der Verletzung entgegengesetzten Seite [2]. Ja, er glaubt durch Versuche Anzeichen davon erhalten zu haben, dass auch die sämmtlichen übrigen Sinnesempfindungen durch Verletzung des verlängerten Marks Störungen erleiden. Ausser den Einflüssen auf die Sinneswahrnehmungen verzeichnen die Mittheilungen über Versuche der beschriebenen Art noch solche auf die Bewegungen. Schon ROLANDO [3] beobachtete convulsivische, auf viele Körpermuskeln sich erstreckende Bewegungen und sprach mit Rücksicht auf die negativen Erfolge ähnlicher am Grosshirn ausgeführter Reizungen das verlängerte Mark als den Hirntheil an, in welchem der Mechanismus gelegen sei, mittelst dessen das Grosshirn etc. ihre Erregungen den Nerven mittheilen. Die spätere Physiologie hat die von dem verlängerten Mark aus erzeugbaren Bewegungsformen sorgfältiger studirt. Zunächst hat sie Untersuchungen über die allgemeinen epileptiformen Bewegungen angestellt. Von ihnen steht fest, dass der Heerd ihrer Erzeugung in keinen andern Theil des centralen Nervensystems zu legen ist, als in die Verbindung des verlängerten Marks mit der Brücke. So drückt man sich vielleicht zur Zeit am besten aus. Da, wie wir sogleich näher sehen werden, ihr Sitz nicht da zu suchen ist, wo das verlängerte Mark noch nicht mit der Brücke verknüpft ist, so ist es nicht ganz correct, sie dem verlängerten Mark allein zuzuschreiben, da aber andererseits in die Brückenregion die Theile des verlängerten Marks eingehen, so kann der oft gebrauchte Ausdruck, die Brücke sei der Ausgangspunkt der epileptiformen Krämpfe, auch nicht ganz gerechtfertigt werden. Der beste Beweis für die Bedeutung der fraglichen Gegend für die allgemeinen Körperconvulsionen liegt in den Beobachtungen von TENNER und KUSSMAUL [4], dass die epileptischen Anfälle, welche man bei Kaninchen durch Compression sämmtlicher Hirnschlagadern hervorrufen kann, noch entstehen, wenn man das Gehirn bis zu der Brücke abgetragen, sich aber nicht zeigen, wenn man dem

1 Spatium opticum nennt RENZI die Stelle des verlängerten Marks, welche von der hinteren Vereinigungsstelle der Lobi optici bis zur Insertion der mittleren Kleinhirnschenkel reicht.

2 RENZI l. c. Vol. 187. p. 328. 1864.

3 ROLANDO, Saggio etc. p. 65. 1809.

4 A. KUSSMAUL u A. TENNER, Untersuchungen über Ursprung und Wesen der fallsüchtigen Zuckungen bei der Verblutung, sowie der Fallsucht überhaupt. Molesch. Unters. III. S. 1.

Rückenmark durch Aortenunterbindung den Blutzufluss abschneidet. Hierzu kommen die Erfahrungen [1], dass leichte, mit einer Nadel ausgeführte Verletzungen, welche man vom oberen Ende der ala cinerea bis zum locus coeruleus hinauf lateral von den funiculi teretes aus bis ungefähr auf ein Drittel der Dicke des Marks anbringt, die Krämpfe erzeugen, wenn auch in den einzelnen Versuchen in etwas abweichenden Formen. Sind die einseitigen Verletzungen etwas bedeutender [2], so treten Zwangsbewegungen auf, wovon hernach. Die Möglichkeit, epileptiforme Krämpfe auf die angegebene Art zu erzeugen, hört auf, sobald man vor dem Versuch das verlängerte Mark gänzlich am hinteren Rande der tubercula acustica abgetrennt hat, sie besteht dagegen, falls man die quere Trennung des Gehirns vor dem angegebenen Punkte vornimmt. Die beiden letzten Bemerkungen rechtfertigen den obigen Ausdruck über den eigentlichen Sitz der epileptiformen Krämpfe in dieser Gegend des Cerebrospinalorgans. In neuerer Zeit hat HEUBEL [3] an Fröschen bei Drücken, welche er auf die hintere Fläche des calamus scriptorius anbrachte, tonische und klonische Krämpfe in verschiedener Form beschrieben und diese Stelle, welche nach ihm bis ca. 1,5 mm. unter die Spitze des calamus scriptorius ragen soll, nach dem Vorgang von NOTHNAGEL bei Säugethieren, das Krampfcentrum des Frosches genannt. Die Erscheinungen bleiben sich im Wesentlichen gleich, sei es, dass man die Versuche bei unverletztem Gehirn oder nach Abtragung verschiedener Theile desselben, selbst bis inclusive des Cerebellums anstellt. Oberhalb und unterhalb dieses Ortes kann man durch das genannte Mittel jene Krampfformen nicht hervorrufen. Diese Stelle ist nach Untersuchungen von ROEBER [4] und HEUBEL [5] ausser durch Drücke etc. auch durch Gifte, insbesondere durch Picrotoxin anzuregen, und höchst wahrscheinlich ist bei Säugethieren ein Gleiches der Fall durch electrische Reize, welche das Grosshirn unter gewissen Bedingungen treffen [6]. Der Mittheilung werth sind noch die Bewegungserschei-

1 NOTHNAGEL, Die Entstehung allgemeiner Convulsionen vom Pons und von der Medulla oblongata aus. Arch. f. pathol. Anat. IV. S. 1. 1868.

2 Ich will hiermit nicht sicher behaupten, dass dies die alleinige Bedingung ist, unter welcher die Zwangsbewegungen auftreten; es hat mir vorübergehend nur so scheinen wollen, als sei dies eine der wesentlichsten Bedingungen. Die Frage, wann entstehen epileptiforme Krämpfe, wann Zwangsbewegungen, ist noch nicht genügend untersucht.

3 E. HEUBEL, Das Krampfcentrum des Frosches. Arch. f. d. ges. Physiol. IX. S. 263. 1874.

4 ROEBER, Ueber d. physiologischen Wirkungen des Picrotoxins. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1869. S. 38.

5 HEUBEL l. c. S. 298.

6 ALBERTONI, Sui centri cerebrali di movimenti. Lo sperimentale. XXXVII. p. 136. 1876; BRAUN, Beiträge zur Frage über die electrische Erregbarkeit des Gross-

nungen bei einseitiger Verletzung des verlängerten Marks, welche in eigenthümlichen, sogenannten Zwangsstellungen und Zwangsbewegungen bestehen. Zu jenen gehören gewisse Stellungen der Augen, des Kopfes und der Wirbelsäule. Die ersteren werden häufig bei der Physiologie des Kleinhirns erwähnt, und ich werde bei dieser noch einmal auf sie zurückkommen. Hier habe ich zu constatiren, dass ihr Vorkommen zweifellos bei einseitigen Verletzungen des verlängerten Marks feststeht. Einigermassen in die Tiefe gehende, quer gerichtete, einseitige Verletzungen von der Spitze des Calamus an aufwärts bis zum tuberculum acusticum verstellen zu gleicher Zeit das Auge der verletzten Seite nach unten und vorn, das der anderen nach hinten und oben.[1] Man kann diese Stellungen verschwinden machen, wenn man auf der anderen Seite des verlängerten Marks eine symmetrisch gelegene Stelle in gleicher Ausdehnung verletzt. Einseitige leichte, oberflächliche Verletzungen des corpus restiforme und des Bodens des vierten Ventrikels geben Nystagmus. Aehnliche Verletzungen am oberen Ende des Rückenmarks angebracht, haben die beschriebenen Erfolge nicht. Es ist zwar eine bestimmte Form zitternder Augenbewegung bei Ataxie gesehen und unter dem Namen eines ataktischen Nystagmus beschrieben[2]; es wäre aber möglich, dass die graue Degeneration in ihren anatomisch nicht so leicht erkennbaren Anfängen sich bereits bis zum verlängerten Mark erstreckt hätte und übersehen worden wäre. Ob diese abnormen Augenstellungen stets verknüpft mit den sogleich zu beschreibenden anderen Bewegungsstörungen vorkommen oder auch getrennt von denselben erscheinen können, ist noch nicht besonders untersucht worden. In gleicher Weise haben sie auch noch keine solche Zergliederung erfahren, dass man in ihre Entstehung eine einigermassen befriedigende Einsicht hätte. Die eigenthümlichen Stellungen[3] der übrigen Körpertheile, denen man oft nach einseitiger Verletzung des verlängerten Marks begegnet, be-

---

hirns. Meine Beiträge VII. S. 136; HITZIG, Untersuchungen über das Gehirn. S. 271. Berlin 1874.

1 MAGENDIE, Leçons sur les fonctions et les maladies du système nerveux. I. p. 296 ff. Paris 1841; PHILIPEAUX et VULPIAN, Essai sur l'origine de plusieurs paires des nerfs craniens p. 52. 53. Paris 1853; BERNARD, Leçons sur la physiologie et la pathologie du systéme nerveux. I. p. 1. Paris 1858; CURSCHMANN, Beiträge zur Physiologie der Kleinhirnschenkel. S. 34. 35. Giessen 1868; SCHWAHN, Ueber das Schielen nach Verletzung in der Umgebung des kleinen Gehirns. Meine Beiträge. VIII. S. 149; DURET, Note sur la physiologie pathologique etc. Gaz. méd. d. Paris. 1877. Nr. 51. p. 621.

2 FRIEDREICH, Ueber Ataxie. Arch. f. pathol. Anat. LXX. 1877.

3 Dieselben sind wohl bei reinen Verletzungen des verlängerten Marks in Verbindung mit den Augenstellungen zuerst von MAGENDIE gesehen worden.

stehen in Biegungen des Kopfes und der Wirbelsäule mit der Convexität nach der verletzten oder gesunden Seite hin, je nachdem man am spinalen Anfang des verlängerten Markes, oder am vorderen Ende des Calamus und höher hinauf den Schnitt ausgeführt hat. Nach SCHIFF [1] sind diese Stellungen sehr oft mit mehr oder weniger deutlichen Kreisbewegungen, im ersten Falle nach der gesunden, im zweiten nach der verletzten Seite hin verbunden. Diese Beobachtungen sind vorzugsweise an Kaninchen gemacht. Auch an Fröschen kann man sie sehen, und von Kreis- oder Manègebewegungen wird bei ihnen, wenn auch mehr gelegentlich, berichtet. KÜHNE [2] und VOGT [3] sahen sie bei ihren Beschäftigungen mit dem Diabetes und den Athembewegungen der Frösche. Von diesen Kreisbewegungen sind die Drehungen um die Längsaxe, die sogenannten Rollbewegungen der Thiere zu unterscheiden, welche gleichfalls bei einseitigen Verletzungen des verlängerten Markes beobachtet worden sind [4]. Sie treten am sichersten auf, wenn man den oben genannten Theil sehr hoch oben, in der Gegend des tuberculum acusticum, einseitig verletzt, und sind nach der verletzten Seite hin gerichtet.[5] Man erhält sie aber auch am reinen corpus restiforme, wenn man nur den Schnitt gehörig vertieft. Ob diese verschiedenen Zwangsstellungen und Zwangsbewegungen auch bei Thieren vorkommen, welchen man vorher sämmtliche Hirntheile bis zum verlängerten Mark hin abgetragen hat, darüber liegen nur wenige Erfahrungen vor. Aus dem Umstand aber, dass das Krampfcentrum seine Eigenschaft auch an solchen Thieren noch bewahrt und FLOURENS [6] gezeigt hat, dass die von anderen Hirntheilen aus zu erzeugenden Zwangsbewegungen gleichfalls die Anwesenheit des Grosshirns nicht bedürfen, ist mit Wahrscheinlichkeit zu schliessen, dass wir diese Frage bejahen müssen. Ich bin im Besitz einiger an Fröschen gemachten Erfahrungen, welche mit dieser Erwartung übereinstimmen. Als ich einen Frosch, dessen verlängertes Mark dicht hinter dem Cerebellum auf beiden Seiten in verschiedener Höhe durchschnitten war, in ein Wasserbad von ca. 28° R. setzte, machte derselbe unvollkommene Drehbewegungen. Auch sah ich dergleichen bei solchen, deren Cerebellum mit Schonung der Verbindungsstellen desselben mit dem

1 SCHIFF, Lehrbuch d. Physiol. d. Menschen. I. S. 314 ff. Lahr 1858—59.
2 KÜHNE, Ueber künstlichen Diabetes bei Fröschen. S. 32. Göttingen 1856.
3 G. VOGT, Ueber die Respirationsbewegungen der Frösche. Inaug.-Diss. S. 17. Giessen 1860.
4 BROWN-SÉQUARD, Experimental researches. p. 21. New-York 1853.
5 CURSCHMANN, Beiträge etc. S. 33 ff. Giessen 1868.
6 FLOURENS, Nouvelles expériences sur l'indépendance respective des fonctions cérébrales. Compt. rend. XLII. p. 673. 1861.

verlängerten Mark abgetragen worden war, wenn ich eine dieser Stellen verletzte.

2. *Kleinhirn.*

Die Vergleichung der Thätigkeit von Thieren der eben beschriebenen Art mit solchen, die ausserdem noch das kleine Gehirn besitzen, ist nicht ganz befriedigend auszuführen und verlangt besondere Vorsicht im Ausdruck. Abgesehen davon, dass bei verschiedenen Wirbelthieren die Bedeutung des kleinen Gehirns mit grosser Wahrscheinlichkeit eine verschiedene ist, wie vielleicht schon durch das wechselnde Volum desselben bei verschiedenen Thieren angedeutet wird und somit bei der Beschreibung stets diesem Umstand Rechnung zu tragen ist, sind wir zur Zeit nicht fähig, eine scharfe Grenze zwischen diesem Hirntheil, der Brücke und dem verlängerten Mark zu ziehen, so dass die Gefahr vorhanden ist, dem einen oder anderen dieser Theile eine Eigenschaft beizulegen, die ihm eigentlich gar nicht zukommt. Es ist leicht möglich, dass wir mit dem Fortschritt unserer Kenntnisse über die Hirnfunctionen einsehen lernen, dass die jetzt gebräuchlichen Abgrenzungen und Ausdrücke für die von der descriptiven Anatomie unterschiedenen Gehirnabtheilungen sich wenig oder gar nicht für die Darstellung der Hirnfunctionen eignen.

Für Frösche mit Rückenmark, verlängertem Mark und Kleinhirn sind keine Thatsachen bekannt, die bei einer Discussion der Frage ernstlich in Betracht kommen, ob das Cerebellum dieser Thiere Seelenthätigkeiten entwickele. Es ist zwar richtig, dass ein Frosch der eben erwähnten Art in Wasser, das allmählich bis zu 25—28 ° R. erwärmt wird, oder in einem Kochsalzbade deutlichere Fliehbewegungen mit besserem Erfolge ausführt, auch sicherer aus der Rücken- in die Bauchlage kommt und dass man diese Aeusserungen als Zeichen bestehender Empfindungen ansehen kann, die in diesem Falle deutlicher wären, als wenn mit dem Rückenmark nur noch das verlängerte Mark verbunden wäre. Allein es wäre auch möglich, dass der zur Ausführung von jenen Bewegungen nothwendige motorische Mechanismus hier besser als dort erhalten, ohne dass der Zustand der Empfindung vollkommener wäre. Mittel zur Entscheidung zwischen diesen beiden Möglichkeiten fehlen. Aber selbst Diejenigen, welche es vorziehen, jene Bewegungen als Zeichen für einen vollkommeneren Empfindungszustand anzusehen, würden zweifelhaft darüber sein müssen, ob er der Anwesenheit des kleinen Gehirns oder einer vollkommeneren Erhaltung der Fortsetzungen des verlängerten Marks zuzuschreiben ist. Für das Cerebellum der höhe-

ren Wirbelthiere sind mehrfache Versuche gemacht worden, ihm einen besonderen Antheil am Seelenleben, insbesondere den Empfindungen zuzuschreiben. Es wird oft angegeben, dass schon PETIT Dies zufolge besonderer Versuche gethan habe. Diese Angabe beruht auf einem Irrthum. PETIT hat nach den von ihm angestellten Versuchen die Frage offen gelassen[1]. Später ist zu wiederholten Malen in verschiedenen Formen der Versuch gemacht worden, dem Kleinhirn die genannte Eigenschaft zuzuertheilen. GIROUX und FOVILLE[2] waren nicht abgeneigt, zufolge der Empfindungsstörungen, welche sie bei Kranken beobachteten, von denen die Section pathologische Entartung des kleinen Gehirns nachwies, das letztere als einen Empfindungsheerd zu betrachten. Es haben aber in der damaligen Zeit die Sectionsbefunde noch nicht die kritische Würdigung erfahren, die man ihnen heute angedeihen lässt und insbesondere ist nicht beachtet worden, dass sich bei Erkrankungen des centralen Nervensystems die Wirkungen oft weiter erstrecken, als die beobachtbare Veränderung vermuthen lässt. Aber davon abgesehen, lässt sich aus der Störung im gewöhnlichen Hergang bei der Empfindung weder aus beobachteten Verletzungen des kleinen Gehirns, noch bei absichtlich an Thieren gemachten Eingriffen in dasselbe, schliessen, dass es sich hier um ein besonderes Moment bei der Entstehung der Empfindung handle; auf eine blosse Unterbrechung sensibler Leitungsbahnen könnte ebenso geschlossen werden. Indess machen die von FOVILLE[3] gemachten Angaben, die sich übrigens bloss allgemein auf die Empfindung durch die Hautnerven bezogen, nicht den Eindruck sorgsamer Prüfung und kann der Physiologe der Gegenwart sie nicht einmal benutzen, um die Gegenwart empfindender Elemente überhaupt im kleinen Gehirn darzuthun, um so mehr, als keiner der neuern Experimentatoren, so lange er sich von der Verbindungsstelle des kleinen Gehirns mit der Brücke und dem verlängerten Mark fern hielt, Schmerzenszeichen bei Operationen am Cerebellum in unzweideutiger Weise gesehen hat. Andere Forscher haben

1 Lettres d'un médecin des hopitaux du roy à un autre médecin. In Namur 1710 anonym publicirt, p. 20. Die mehr citirte als consultirte Schrift: Pourfour du Petit: Recueil d'observations d'anatomie et de physiologie pour servir à la theorie des lésions de la tête par contrecoup. Paris 1766, ist ein von der Acad. der Chirurgie bei Gelegenheit einer Preisfrage über den contre-coup gemachter Auszug aus den Schriften verschiedener Mediciner, in welchem sich auch ein magerer Bericht über den Inhalt der Lettres des Petit findet.

2 Artikel Encéphale in ANDRAL's etc. Dictionnaire de médecine et de chirurgie pratiques. Paris 1831.

3 FOVILLE et PINEL GRANDCHAMP, Recherches sur le siège de différentes fonctions du système nerveux.



das letztere in Beziehung zu den Gesichts- und Gehörwahrnehmungen oder dem Muskelsinn gebracht. Renzi [1] behauptet nach Versuchen an Säugethieren, sich davon überzeugt zu haben, dass durch Verletzung des Cerebellums der Gesichts- und Gehörsinn Schädigungen erleiden. Auch für den Menschen [2] wird angegeben, dass nach cerebellaren Verletzungen Amaurose beobachtet worden sei und Lussana [3] will dieselbe bei Thieren bestätigt haben. Man kann glauben, durch den macroscopischen Zusammenhang der corpora restiformia und die von Clarke und Meynert behauptete Verbindung des Gehörnerven mit dem kleinen Gehirn jene Behauptung unterstützt zu sehen; aber dieser Glaube wankt, wenn man einerseits Berichte von beträchtlicher Zerstörung, ja gänzlichem Mangel des Kleinhirns mit Erhaltung aller wesentlichen Sinnesfunctionen liest und Experimentatoren [4] erzählen hört, dass nach Abtragung des kleinen Gehirns bei Thieren die Sinnesperceptionen nicht gestört waren, andererseits daran denkt, dass für die Sinneswahrnehmungen andere Theile des Gehirns als wesentliche Theile erkannt worden sind. Oft besprochen ist die Lehre, dass das kleine Gehirn Sitz des Muskelsinnes [5] sei. Die Begründung, welche Carpenter derselben gegeben, kann ich wohl als nicht ausreichend übergehen; wer sie kennen zu lernen wünscht, sehe sie im citirten Original nach. Lussana und Morganti, welche ihr bekanntlich anhängen, berufen sich auf die hernach anzugebenden Bewegungsstörungen, welche man bei Thieren nach Verletzung des Cerebellums sieht, und welche sie gemäss der von ihnen gemachten Erfahrung, dass Kranke, bei denen die Section cerebellare Entartung nachwies, angaben, dass ihre Bewegungsstörungen von dem Gefühl herrühre, dass ihnen der Boden unter den Füssen zu fliehen scheine, auf den Verlust des Muskelsinns beziehen. Ich habe nie Gelegenheit gehabt, solche Kranke zu prüfen, muss indess bekennen, dass wenn ich mich von der ausreichenden Intelligenz solcher Personen überzeugen könnte und die Sache so fände, wie angegeben wird, ich in

---

1 Renzi, Saggiò di fisologia sperimentale etc. Annali di medic. Vol. 187. p. 75 ff. 1864.

2 Brown-Séquard, Remarques sur la physiologie du cervelet. Journ. d. l. physiol. V. p. 484. 486.

3 Lussana, Ebendaselbst VI. p. 173. 1863.

4 Flourens, Recherches expérimentales. 2. édit. p. 141.

5 Lussana e Morganti, Osservazioni fisio-patologiche sul sistema nervoso. Gazetta medica Ital.-Lombardia 1851—1853; Dieselben, Observations physico-pathologiques sur le système nerveux. I. Milan 1353; Carpenter, Principles of the human physiology. 4. éd. p. 756. 1853; Dunn, An Essay on physiological psychology. 1858. p. 4. 31; Lussana, Leçons sur les fonctions du cervelet. Journ. d. l. physiol. V. p. 418. 1862; Derselbe, Alcuni lezioni fisiologiche del cerveletto etc. Gaz. med. Ital-Lombard. 1863. p. 176. 201. 209.

dieser Art des Beweises einen schwer wiegenden Grund für die erwähnte Lehre erblicken würde [1].

Die bekannte Angabe von GALL, dass das kleine Gehirn in inniger Beziehung zur Zeugung und den dabei vorkommenden Gefühlen und Empfindungen stehe, verdient keine ernste Erwägung mehr, da sie seiner Zeit genügend widerlegt worden ist [2], obschon von Zeit zu Zeit es noch vorkommt, dass ein Krankheitsfall zu Gunsten jener Lehre ausgebeutet wird.[3]

Ich komme zu der Stellung des kleinen Gehirns zu den Bewegungserscheinungen. Für den Frosch hat GOLTZ [4] die Angabe gemacht, dass das kleine Gehirn dieses Thieres einen Theil des Organs der Fortbewegung enthalte; nach der Wegnahme desselben sei jener unfähig, zu hüpfen und zu kriechen [5], vorausgesetzt, dass man vorher alle vor dem Kleinhirn liegende Hirntheile entfernt habe; bei Anwesenheit der letzteren hebe die alleinige Wegnahme des Cerebellums die erwähnte Fähigkeit nicht auf. Dieser Ansicht scheinen ältere Erfahrungen von DESMOULINS [6] gegenüber zu stehen, nach welchen die Abtragung des Cerebellums die Frösche zum Schwimmen durchaus nicht unfähig machte; doch ist dies nur scheinbar, denn in den Versuchen von DESMOULINS waren augenscheinlich die vor dem Cerebellum liegenden Hirntheile nicht abgetragen, und GOLTZ hat nicht behauptet, dass das kleine Gehirn ausschliessliches Organ der Fortbewegung sei. Ich selbst habe bei Fröschen, deren Gehirn bis dicht hinter die Zweihügel abgetragen war, bei Spaltung des Cerebellums in der Mitte und bei partieller Wegnahme desselben so vorsichtig, dass die Verbindungsstelle desselben mit dem verlängerten Mark und ihre nächste Nachbarschaft nicht gedrückt wurden, keinen merklichen Einfluss auf die noch bestehenden Bewegungen gesehen; ich sah die Thiere bei Anregungen ganz regelmässige Kriechbewegungen nach Art der Kröten machen. Kam ich in jene hinein oder drückte sie merklich, dann sah ich allerdings den von GOLTZ angegebenen Erfolg. Ich bin daher zweifelhaft, ob wir den Sachverhalt richtig ausdrücken, wenn wir die Ausdrucksweise jenes Physiologen wählen. Man erscheint vielleicht am unbefangensten,

---

1 Ueber einen Angriff dieser Lehre von Seiten BROWN-SÉQUARD's und eine Erwiderung durch LUSSANA sehe man Journ. d. l. Physiol. V. p. 484 u. VI. p. 169.

2 Eine der heute noch lesenswerthen Widerlegungen hat LELUT im II. Bd. p. 175 der von BAILLARGER etc. herausgegeb. Ann. méd.-psychologiques publicirt.

3 LUSSANA et LEMOIGNE, Fisiologia dei centri nervosi. II. p. 190. Padova 1871.

4 GOLTZ, Beiträge zur Lehre von den Functionen d. Nervencentren d. Frosches. S. 76. Berlin 1869.

5 S. oben S. 96.

6 DESMOULINS, Anatomie des systèmes nerveux. II. p. 581. 1825.

wenn man sagt, dass an der Verbindungsstelle des kleinen Gehirns und verlängerten Marks sich ein wichtiges Glied für die Ortsbewegung finde. RENZI [1] wagt es nicht, aus einigen an dem kleinen Froschcerebellum angestellten Versuchen irgend einen Schluss zu ziehen. Wenn ONIMUS [2] bei einseitiger Verletzung des Froschcerebellums Zwangsstellungen und Zwangsbewegungen nach der verletzten Seite hin angibt, so ist, da solche bei einer Verletzung des verlängerten Markes bekannt sind, erst noch der Verdacht auszuschliessen, seine Versuche seien unrein gewesen. Zahlreich fliessen die Angaben über die motorische Bedeutung des Cerebellums der Vögel und der Säugethiere. Um den mir in diesem Buche gestatteten Raum nicht zu überschreiten darf ich in der Geschichte der Beobachtungen über das kleine Gehirn nicht allzuweit zurückgreifen. Etwas willkührlich fange ich mit PETIT an und bemerke, dass dieser Arzt bei seinen Versuchen, die übrigens nur aus dem Bedürfniss entsprangen, sich über die bei verschiedenen Gehirnverletzungen beobachteten Krankheitserscheinungen beim Menschen durch Experimente an Thieren aufzuklären, Zwangsstellungen und Zwangsbewegungen nach der kranken Seite hin, nach Verletzungen des kleinen Gehirns beobachtete. Die ersten Beobachtungen über Bewegungen dieser Art nach Gehirnverletzungen sind also älter, als Viele glauben.[3] Die PETIT'schen Schnitte drangen bei Hunden bis zur Racine du pedoncule vor. Andere Experimentatoren des 18. Jahrhunderts, wie ZINN [4], LORRY [5] und SAUCEROTTE [6] haben keine wesentlich neuen Erscheinungen beobachtet; sie erwähnen Convulsionen und Drehbewegungen. Bei dem letzteren findet sich zum ersten Male als Folge der Kleinhirnverletzung Nystagmus angegeben. HALLER [7] schloss aus den Convulsionen, dass die Nerven der willkürlichen Muskeln aus dem kleinen Gehirn ebenso wie aus dem grossen ihren Ursprung nähmen. Die Versuche unseres Jahrhunderts nehmen mit ROLANDO ihren Anfang. Aus Experimenten, welche er an Säugethieren und Vögeln anstellte, zog er den Schluss, dass das Cerebellum die Quelle aller willkürlichen Bewegungen sei; es folgte ihm dies aus den Lähmungserscheinungen, welche er bei

1 RENZI, Saggio di fisiologia sperimentale etc. Annali univers. di medic. Vol. 186. p. 178.

2 ONIMUS, Recherches expérimentales etc. Journ. d. l'anat. et d. l. physiol. 1870. p. 633. 669.

3 PETIT, Lettres d'un médecin à un médecin de ses amis. p. 20. Namur 1710.

4 J. G. ZINN, Experimenta quaedam circa corpus callosum etc. Gottingae 1749.

5 LORRY, Sur les mouvements du cerveau etc. Mémoires de mathématique et de physique presentés à l'académie Royale des sciences etc. III. p. 344. 1760.

6 SAUCEROTTE, Mémoire sur les contre-coups. Prix de l'académie de chirurgie. Neue Ausgabe. IV. p. 219. 1819. Die Arbeit wurde 1769 gekrönt.

7 A. DE HALLER, Mémoires sur la nature sensible etc. I. p. 209. 1756.

seinen Versuchen öfters beobachtet zu haben glaubte.[1] Es scheint als ob Rolando zu den erwähnten Versuchen und ihrer Deutung durch die von ihm lieb gewonnene Idee geführt worden sei, dass sich das vielblättrige Cerebellum einer galvanischen Säule vergleichen lasse, mit welcher bei ihm es in Uebereinstimmung war, dass, wenn er einen Pol auf das Kleinhirn, den anderen an einen beliebigen Körpertheil setzte, heftige Bewegungen entstanden. Lange Zeit ruhten nun die Arbeiten über die motorische Bedeutung des Cerebellums bis in den 20er Jahren unseres Jahrhunderts Flourens sie von Neuem anfachte. Seit jener Zeit hat sich das Material über diesen Hirntheil so sehr gehäuft, ist aber dabei so wenig übereinstimmend, dass man fast wünschen möchte, es wäre nicht vorhanden. Ich will versuchen, es in seinen hauptsächlichsten Zügen darzustellen. Die von Flourens[2] an Vögeln und kleineren Säugethieren ausgeführten Versuche bestanden zum Theil darin, dass er das Cerebellum schichtenweise abtrug, zum Theil darin, dass er dasselbe durch Stiche und Schnitte verschiedenartig verletzte. Er sah als Erfolg verschiedenartige Bewegungsstörungen, welche er aber nicht als Lähmungen, wie Rolando auffasste, sondern sie dem Mangel eines die Bewegungen ordnenden Princips zuschrieb, welches durch die Kleinhirnverletzungen in Wegfall gekommen wäre. Der Grad der Disharmonie der Bewegungen hängt von der Grösse der Verletzungen ab. Alterationen der Sinne und untergeordnete Convulsionen sind nach ihm keine Folgen cerebellarer Verletzungen.[3] Diese Versuche wurden in der nächsten Zeit von Foville, Fodera, Magendie, Hertwig, Serres, Desmoulins und Bouillaud wiederholt. Einer Geschichte der Physiologie des Cerebellums fällt es anheim, die Angaben dieser Forscher im Einzelnen darzustellen; hier beschränke ich mich darauf, aufzuzählen, welche weitere Erscheinungen ausser den von Flourens angegebenen, die übrigens immer der Hauptsache nach bestätigt werden, damals noch gesehen worden sind. Fodera[4] erwähnt Lähmungserscheinungen bei dem Vordringen der Verletzungen bis in die Stiele des Cerebellums. Serres[5] und Magendie[6] gedenken der Drehbewe-

1 Rolando, Saggio sopra la vera struttura del cervello etc. p. 44. 63. Sassari 1809.

2 Flourens, Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux dans les animaux vertebrés. Die erste Ausgabe erschien 1824, die zweite 1842.

3 p. 140 der zweiten Ausgabe.

4 Fodera, Recherches expérimentales sur le système nerveux. Magendie's Journal. III. p. 191. 1823.

5 Serres, Magendie's Journal. III. p. 114. 1823; reproducirt und erweitert in dessen Anatomie comparée etc. II. p. 613. 1826.

6 Magendie, Mémoire sur les fonctions de quelques parties etc. Dessen Journ. IV. p. 399. 1824.

gungen um die Längsachse des Thieres die, nach der kranken Seite hin gerichtet, wahrgenommen werden, wenn man den Brückenschenkel oder eine Hemisphäre tief verletze. Die ähnliche über hundert Jahre ältere Beobachtung ihres Landsmannes PETIT scheinen sie nicht gekannt zu haben. LAFARGUE und LONGET lassen nach derselben Verletzung die Rollbewegungen nach der gesunden Seite hin erfolgen. SCHIFF [1] stimmt mit MAGENDIE und erklärt die Angabe jener Forscher durch die Behauptung, dass, wenn man den Schnitt durch einen Seitentheil des kleinen Gehirns selbst führe, die Rollbewegungen die Richtung nach der nicht verletzten Seite hin nähmen. MAGENDIE und HERTWIG [2] beschreiben den bei einseitiger Verletzung des kleinen Gehirns auftretenden Strabismus, das Auge der verletzten Seite deorsum, das andere sursum distortus. Von dem von SAUCEROTTE im vorigen Jahrhundert angegebenen Nystagmus scheinen sie ebenfalls keine Kenntniss gehabt zu haben. MAGENDIE und DESMOULINS [3] sprechen von Rückwärtsbewegungen, welche Säugethiere und Vögel nach einigermassen schweren Verletzungen, wie namentlich der Wegnahme der oberen und mittleren Partie des kleinen Gehirns, zeigen. Sie theilen weder die Auffassung von ROLANDO noch die von FLOURENS; sind aber unsicher in ihrer Ausdrucksweise über die Kraft, welche die von ihnen beobachtete Erscheinung hervorrufen soll: bald scheint ihnen das kleine Gehirn eine vorwärts treibende Kraft zu entwickeln, die gegenüber einer anderswo sich findenden, rückwärts treibenden nach der Verletzung nicht mehr wirksam sei, bald scheint ihnen in demselben eine nach hinten treibende Kraft entwickelt zu werden. Die späteren Arbeiten über das Cerebellum enthalten keine wesentlich neue Erscheinung, welche bei dem Experimentiren an diesem Hirntheile noch zu Tage getreten wäre; es werden entweder einzelne der bekannten weiter verfolgt, oder Versuche einer anderen Auffassung des Bekannten gemacht. Ich hebe aus diesem Material noch folgende Punkte hervor. Der oben erwähnte Strabismus kann eine andere Form annehmen, wenn das Thier Anstrengungen macht, seinen Kopf aus der Zwangsstellung herauszubringen, in welche er durch die Operation versetzt worden ist.[4] Er ist auch beobachtet worden bei Verletzung der vorderen

1 SCHIFF, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. I. Muskel- und Nervenphysiologie. S. 353. Lahr 1858—59.

2 HERTWIG, Experimenta quaedam de effectibus laesionum in partibus encephali etc. Diss. inaug. Berol. 1826.

3 DESMOULINS et MAGENDIE, Anatomie des systèmes nerveux etc. II. p. 582. 583. 1825.

4 GRATIOLET, Sur les mouvements de rotation etc. Moniteur d. sciences méd. 1860. II. No. 139. p. 1106. No. 142. p. 1133.

Kleinhirnschenkel[1] und scheint je nach der Art der Verletzung des kleinen Gehirns verschieden auszufallen, vorausgesetzt, dass bei den hierauf bezüglichen Thatsachen dem Umstand Rechnung getragen ist, dass die Augenstellungen sich mit den Kopfstellungen ändern, was mir nicht der Fall zu sein scheint.[2] Die Rückwärtsbewegung wird zwar nicht geleugnet, aber als eine im Ganzen seltener eintretende Erscheinung bezeichnet.[3] Renzi[4] machte den Versuch, die auf Verletzung des Cerebellum so verschiedenartig eintretenden Bewegungsstörungen auf die Verwundung bestimmter Theile jenes zu beziehen, und gab seine Resultate in einer Tabellenform. Weiter ist zu bemerken, dass viele der Bearbeiter der Physiologie des Cerebellums darauf aufmerksam machen, dass, wenn die Verwundungen leicht sind, und nicht durch starke Blutergiessungen weitere Zerstörungen angerichtet werden, alle Erscheinungen wieder mehr oder weniger, früher oder später verschwinden, was anzudeuten scheint, dass man jene als Reizerscheinungen aufzufassen habe. Eine, wie es mir scheint sehr wichtige, aber vielfach in Vergessenheit gerathene Beobachtung hat Flourens[5] noch in späteren Jahren gemacht. Er zeigte dass die Zwangsbewegungen, welche man durch die mechanische Verletzung verschiedener Hirntheile erhält, so wie die Disharmonie der Bewegungen nach einer solchen des kleinen Gehirns auch beobachtet werden, wenn man vorher das Grosshirn, den Sitz der spontanen willkürlichen Bewegungen, entfernt hat. Ich kann die Richtigkeit dieser Angabe, insofern sie sich auf die Zwangsbewegungen bezieht, bestätigen, und komme auf die Bedeutung dieser Beobachtung zurück.

Man hat zum öfteren die Erscheinungen, welche man an Menschen mit irgendwie defectem Kleinhirn beobachtet, mit den Ergebnissen der Experimente an Thieren verglichen, und bei der Besprechung des Einflusses des Cerebellums auf die Sinne habe ich oben schon Einiges angeführt. Im Ganzen ist dadurch, mit Ausnahme einiger weniger Fälle, unsere Einsicht in die Functionen des kleinen Gehirns wenig oder gar nicht gefördert worden. Die pathologischen Ent-

---

1 Vulpian et Philipeaux, Note sur quelques expériences faites dans le but de déterminer l'origine profonde des nerfs de l'oeil. Gaz. méd. d. Paris. 1854. No. 30. p. 466.

2 Leven et Ollivier, Recherches sur la physiologie etc. du cervelet. Archives générales de médecine. Nov. et Dec. 1862.

3 Lafargue, Essai sur la valeur des localisations etc. Thèse inaug. p. 15. Paris 1838. Vergl. auch Renzi, welcher in der nachstehend citirten Arbeit. Vol. 190. p. 303 den Strabismus gerade umgekehrt, wie Hertwig u. A. angibt.

4 Renzi, Saggio di fisiologia etc. Annali universali di medicina. Vol. 187. p. 59. 60. 1864.

5 Flourens, Nouvelles expériences sur l'indépendance respective des fonctions cérébrales. Compt. rend. XLII. p. 673. 1861.

artungen bezogen sich entweder mit Sicherheit nicht auf das Cerebellum allein, oder es konnte doch etwas der Art geargwohnt werden. In Fällen wo sie möglichst rein auftraten, wurde Manches beobachtet, was den Erfahrungen an Thieren entsprach, bisweilen sah man aber auch keine erhebliche Störung.[1] Aehnlich verhält es sich mit den Fällen traumatischer Verletzungen und der unilateralen und partiellen Atrophie.[2] In dem exquisitesten von ANDRAL beschriebenen Fall, in welchem eine Hemisphäre vollkommen mangelte und sich nur durch einen kleinen Höcker ersetzt fand, war Strabismus und ein nicht ganz sicherer Gang vorhanden, doch scheint letzterer nicht die Störung gezeigt zu haben, wie man es nach Wegnahme von eben so viel Kleinhirn bei einem Thiere beobachtet. Indess muss bemerkt werden, dass sich diese zwei Objecte nicht mit einander vergleichen lassen. Beim Thier finden ohne Zweifel Reizungen statt, welche bei der unilateralen Atrophie jedenfalls bedeutend in den Hintergrund treten. Besondere Beobachtung verdient der von COMBETTE[3] beobachtete und dem physiologischen Publikum durch LONGET[4] bekannt gewordene Fall der Alexandrine Labrosse. Beschränkte Intelligenz, willkürliche Bewegungen ausführbar, nur verfiel sie bisweilen in epileptische Krämpfe, alle Sinnesorgane functionirten, der Masturbation ergeben. In späterer Zeit konnte sie nicht mehr gehen, bediente sich aber noch ihrer Hände. An Stelle des kleinen Gehirns eine gelatinöse Membran, welche mit dem verlängerten Mark durch zwei ebenso beschaffene Stiele zusammenhing. Gegen letztere hin fanden sich zwei weisse Körperchen von der Grösse einer Erbse; eine eigentliche Brücke war nicht vorhanden, aber es schien kein Substanzverlust zu bestehen. LONGET scheint diesen Fall für geeignet zu halten, an jeder bis dahin ausgesprochenen Function des kleinen Gehirns zu zweifeln. So weit möchte ich nicht gehen. Dass dieses Organ mit den Sinnesfunctionen nichts Wesentliches zu schaffen habe und auch nicht eine wesentliche Bedingung zur Entfaltung des Geschlechtslebens in sich schliesse, kann aus diesem Fall gefolgert werden, aber dass es in gar keiner Beziehung zu den Bewegungen, insbesondere den Ortsbewegungen stehe, folgt mit Bestimmtheit nicht

1 Eine gute Zusammenstellung der von MORGAGNI bis zum Jahre 1861 bekannt gewordenen wichtigern Fälle findet man bei BOURILLON, Sur la physiolog. du cervelet. Paris 1861.

2 TURNEN, De l'atrophie partielle ou unilaterale du cervelet. Paris 1856; SCHRÖDER VAN DER KOLK, Selected monographes published by the new Sydenham society. 1861. p. 179.

3 COMBETTE, Revue médicale II. p. 57. 1831. Abgebildet bei CRUVEILHIER, Anatomie pathologique du corps humain. I. Paris 1829. Planche V. XV. livraison.

4 LONGET, Anatomie et physiologie du système nerveux. I. p. 764. 1842.

aus ihm. Man kann annehmen, dass es sich hier nicht um einen ursprünglichen Defect, sondern um eine früh eingetretene und fortschreitende Degeneration, die mit gänzlicher Zerstörung des kleinen Gehirns endigte, handelt. Man könnte dann unter der Annahme, dass die Ortsbewegungen zum kleinen Gehirn in Beziehung stehen, begreiflich finden, wie das Kind wohl noch gehen lernte, obschon sein Gang immer etwas Unsicheres behielt, später aber diese Fähigkeit vollkommen einbüsste. Auch wäre im Anschluss an am Grosshirn gemachte Erfahrungen möglich, dass die vom kleinen Gehirn ausgehenden, mit dem Fortschreiten der Krankheit verschwindenden Einflüsse auf die Bewegung von anderen Hirntheilen her ersetzt worden wären. Einen ähnlichen Fall hat Bouillaud beschrieben. Bei einem Erwachsenen war das gesammte Kleinhirn in eine braune purulente Masse verwandelt; während des Lebens konnte er zwar gehen, aber wankend und unsicher.[1] Um die Angaben über die das Kleinhirn betreffenden Thatsachen möglichst vollständig zu geben, ist noch zu bemerken, dass Ferrier angibt, bei electrischer Erregung des Kleinhirns sehr verschiedener Thiere, veränderte Augenstellungen in sehr verschiedenen Formen, ja nach Reizung verschiedener Hirntheile, ausserdem auch noch Bewegungen des Kopfes und der Glieder gesehen zu haben.[2] Diese Versicherungen dürfen nicht so ohne Weiteres für Wahrheiten genommen werden. Da die mechanischen Eingriffe Strabismus geben, aber nur dann, wie gleich noch angeführt werden soll, wenn man Theile des verlängerten Marks trifft und am Kleinhirn sich so lange unwirksam erweisen, als man sicher sein kann, dass das verlängerte Mark nicht lädirt ist, so müssen die Angaben von Ferrier unter Zuhilfenahme des stromprüfenden Froschschenkels wiederholt werden, um die Gewissheit zu erlangen, dass sich keine Stromantheile dahin verbreitet haben, wohin man sie nicht gewünscht hat. Von anderer Seite her sind bereits die angedeuteten Mängel der Ferrier'schen Versuche gerügt worden.

Ich habe im Vorigen eine Uebersicht derjenigen Erscheinungen gegeben, welche überhaupt von den Beobachtern, die sich mit der Aufhellung der Functionen des kleinen Gehirns beschäftigt haben, behauptet worden sind. Geht man die einzelnen Arbeiten sorgfältiger durch, so fallen mancherlei Widersprüche, Ungenauigkeiten und unzulängliche Begründung der einzelnen Behauptungen sehr unangenehm auf, und es ist unmöglich, dass die Physiologie des Kleinhirns in

---

1 Erwähnt bei Ferrier, Die Functionen des Gehirns. Uebersetzt von Obersteiner. Braunschweig 1879. S. 99.

2 Ebendaselbst S. 108 ff.

diesem Stadium verbleibe. Die folgenden Bemerkungen sind dazu bestimmt zu zeigen, nach welchen Richtungen hin grössere Präcision anzustreben ist. Thatsache ist es, dass die einseitige Verletzung des verlängerten Marks je nach dem Grade der ersteren Nystagmus oder Schielen in der Art gibt, dass das Auge der verletzten Seite nach vorn und unten, das der anderen nach hinten und oben steht.[1] Da ähnliche Verletzungen des obersten Rückenmarkstheiles Nichts der Art geben, so ist anzunehmen, dass an den wirksamen Stellen des verlängerten Marks eine eigenthümliche, die Augenbewegung beherrschende Vorrichtung von einer gewissen Ausdehnung liegt. Welcher Natur dieselbe ist, wie weit und wohin sie sich erstreckt und ob sie namentlich sich bis ins kleine Gehirn fortsetzt, oder ob sie der Art ist, dass man sagen muss, sie hat anderwärts, das Rückenmark ausgenommen, ihre Hauptentwickelung und erstreckt sich nur ins verlängerte Mark herunter, das sind Alles noch zu lösende Fragen. Wenn man nun aber bei einer Verletzung des kleinen Gehirns dieselbe Beobachtung macht, so hat man ohne Weiteres kein Recht, die Ursache der Erscheinung in diesem Hirntheil zu suchen. Es wird vielmehr sorgsam zu untersuchen sein, ob nicht durch Druck, Bluterguss oder eine unbeachtet gebliebene Fortsetzung der Verletzung in das verlängerte Mark hinein, oder in solche Theile, die sich besser und richtiger als zu diesem und nicht zum Cerebellum gehörig betrachten lassen, der Strabismus erhalten worden ist. Bei der Unkenntniss, in welcher wir uns zur Zeit noch über die innere Organisation und Zusammenfügung der Hirntheile, die wir bisher meist nur nach Oberflächenverhältnissen und vielleicht ganz bedeutungslosen Eigenschaften abgrenzen, befinden, wird es oft recht schwer, ja unmöglich sein, in der herkömmlichen Sprachweise die Ausdehnung einer angebrachten Verletzung anzugeben. Hiernach glaube ich auch, dass es besser sein wird, die Folgen gewisser Hirnverletzungen so auszudrücken, dass wir die Art der Verwundung ausführlicher beschreiben, als dass wir sie durch irgend welchen kurz gewählten Ausdruck auf einen macroscopischen Theil der descriptiven Anatomie so ohne Weiteres beziehen. Von der erwähnten Form des Strabismus ist nun durch CURSCHMANN[2] und SCHWAHN dargethan worden, dass weder Verletzungen der Hemisphärentheile des kleinen Gehirns noch verschiedenartige Verwundungen der Stiele desselben, der Art, dass das verlängerte Mark und die Brücke weder durch Zerrung oder Druck, noch auf sonst eine

---

1 SCHWAHN, Ueber das Schielen nach Verletzungen in d. Umgegend des kleinen Gehirns. Meine Beiträge VIII. S. 149.

2 CURSCHMANN, Beiträge zur Physiologie der Kleinhirnschenkel. Giessen 1868.

Weise Schaden litten, niemals der genannte Strabismus zum Vorschein kam. Wenn HITZIG[1] angibt, dass er beim Zerschneiden des Flockenstiels, oder beim Druck auf die Flocke, oder durch Reizung mit der Anode eines schwachen electrischen Stromes den erwähnten Strabismus sah, so scheinen mir diese und ähnliche Angaben dieses Forschers auf eine Reizung der vorher erwähnten Theile bezogen werden zu müssen. Es ist vorher erwähnt worden, dass mehrere Forscher bei Verletzungen des kleinen Gehirns einen anderen Strabismus beobachtet haben. Nach dem, was ich bei den in meinem Laboratorium geführten Untersuchungen von CURSCHMANN und SCHWAHN gesehen habe, darf ich allerdings kaum an der Existenz eines solchen zweifeln, aber ich kann kaum glauben, dass es sich auch hier um eine ächte Wirkung des kleinen Gehirns der macroscopischen Anatomie ohne weitere Verständigung darüber, handelt. So viel scheint übrigens aus den bisherigen Untersuchungen hervorzugehen, dass die Gehirnstellen, von denen aus diese andere Art des Schielens erhalten wird, weiter nach vorn liegen, dass sie aber noch einer sorgfältigeren Untersuchung bedürfen.[2] Dieselben Bemerkungen, welche ich über den Strabismus machte, kann man fast wörtlich auf die Zwangsbewegungen übertragen. Ich habe mich mit CURSCHMANN[3] nie überzeugen können, dass eine Verwundung der Stiele des kleinen Gehirns, welche sich fern hält von den Verbindungen desselben mit dem verlängerten Mark etc., Zwangsbewegung gebe. Es entstehen höchstens Zwangslagen auf die verletzte Seite. Um aber zu dieser Ueberzeugung zu gelangen ist es freilich nothwendig, dass man auch die unabsichtlich ausgeführten Zerrungen, Blutungen, sorgfältig vermeide. Dagegen giebt jede tiefer gehende Verwundung in nächster Nähe des Tuberculum acusticum constant die Drehung um die Längsaxe von der gesunden zur verletzten Seite. Ich für meinen Theil habe daher starken Verdacht, dass die reinen Verletzungen der Hemisphären des Cerebellums auch keine Drehbewegungen hervorrufen und halte dafür, dass bisher für das kleine Gehirn der Säugethiere experimentell nur die Thatsache feststeht, dass die Verwundungen seiner Hemisphärentheile je nach ihrer Ausdehnung eine grössere oder geringere Unsicherheit in der Stellung und Bewegung erzeugen, die ihren höchsten Grad in der Seitenzwanglage bei ausgiebigen reinen Verletzungen seiner Stiele findet. Indess ist dies nur Ausdruck meiner gegen-

---

1 HITZIG, Untersuchungen über das Gehirn. S. 266. Berlin 1874.

2 SCHIFF, Lehrbuch der Muskel- und Nervenphysiologie. I. S. 354; SCHWAHN l. c. VIII. S. 159. 160.

3 CURSCHMANN, Klinisches und Experimentelles zur Pathologie der Kleinhirnschenkel. Deutsch. Arch. f. klin. Med. XII. S. 356.

wärtigen individuellen Ueberzeugung, dies schliesst nicht aus, dass andere Forscher durch ein eingehendes Studium der mitgetheilten Arbeiten anderer Ansicht sind und dass ich selbst mich in Zukunft noch von der Richtigkeit anderer Angaben überzeugen werde.

3. Zweihügel, Sehhügel.

Um die Bedeutung der Zweihügel, die auch Sehlappen heissen, und des thalamus opticus, den man auch den lobus ventriculi tertii nennt, aufzuhellen, hat man theils an Thieren experimentirt, denen nur das Grosshirn abgetragen war, theils an solchen, denen man auch noch die Thalami genommen, theils an solchen, denen man diese Theile einzeln verletzte. Bekanntlich schloss FLOURENS aus Versuchen an verschiedenen Wirbelthieren, dass die Spontaneität der willkürlichen Bewegung und das Princip der Sinnesperceptionen, wie er sich ausdrückte, nur durch das Grosshirn vermittelt würden; keiner der Hirntheile, die hinter demselben liegen, sollte irgend welchen Antheil an diesen Functionen haben [1]. Indess ist es irrig, wenn man FLOURENS für den ersten Entdecker der Thatsache ausgiebt, dass mit der Entfernung des Grosshirns die Spontaneität der Bewegungen aufhöre und ein schlafähnlicher Zustand mit einer Abnahme der Sinnesthätigkeit eintrete; schon ROLANDO hat im Wesentlichen diese Erscheinungen gesehen und gewürdigt [2]. Bezüglich der Behauptung von FLOURENS, dass das des Grosshirns beraubte Thier die Sinnesperceptionen verloren habe, wünscht man bei ihm mehr Klarheit. Veranlasst durch Bemerkungen [3] der Commission, die über seine ersten Arbeiten zu Gericht sass, erklärt er zwar: „L'animal, qui a perdu ses lobes cérébraux n'a pas perdu sa sensibilité; il la conserve tout entière; il n'a perdu que la perception de ses sensations, il n'a perdu que l'intelligence“, aber dass seine Begriffe der Sensibilität und Perception der Klärung bedurften, geht daraus hervor, dass er in der Vorrede zu derselben Ausgabe erklärt, dass ein Thier mit der Abtragung der Grosshirnhemisphären sein Gesicht, mit der der Vierhügel die Contraction der Iris und damit den Sinn des Gesichtes verliere. Die Nachfolger von FLOURENS haben uns aus dieser Unklarheit herausgeholfen; sie haben sich nicht an das Wort, sondern an Erscheinungen gehalten und haben gezeigt, dass ein Thier, welchem nur das Grosshirn ge-

---

1 FLOURENS, Recherches expérimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. II. p. 36. 1842.

2 Saggio sopra la vera struttura del cervello etc. p. 38. 39. 58. Sassari 1809.

3 In der zweiten Ausgabe des Werkes von FLOURENS abgedruckt. S. 78.

nommen, wenn es durch Reize aus seiner Lethargie geweckt wird, noch ein Benehmen zeigt, aus welchem man mit Sicherheit schliessen kann, dass es Sinneseindrücke erhalten hat und diese noch verwerthet. Bei Fröschen ohne Grosshirn sahen DESMOULINS und MAGENDIE[1], wie jene eine für den Durchgang ihres Körpers hinlänglich grosse Spalte, welche in einem vor ihnen befindlichen Hinderniss angebracht war, bei ihrer Flucht wählten. Von ähnlichen, überzeugenden Versuchen berichtet RENZI[2] und in neuerer Zeit GOLTZ[3]. Die Erfahrung[4], dass solche Frösche sich nicht nach den Fliegen umsehen, welche man in ihren Behälter bringt, erlaubt keinen sichern Schluss auf die Natur eines etwa noch restirenden Gesichtssinnes. Das Thier kann sich so benehmen, weil es entweder zwar die Insecten sieht, sie aber nicht erkennt und unterscheidet, oder auch, weil es kein Nahrungsbedürfniss mehr empfindet. Versuche über das Fortbestehen des Geschmacks-, Geruchs- und Gehörsinnes haben bei diesen Thieren keine entscheidenden Resultate gegeben, es sei denn, dass man der Angabe RENZI's Vertrauen schenkt, dass Frösche auf Detonationen hin die Augen bewegt haben sollen. Bezüglich anderer sinnlicher Wahrnehmungen ist zu bemerken, dass das von FLOURENS erwähnte sich Drehen auf den Bauch aus der Rückenlage von vielen Forschern gesehen worden ist; RENZI aber gibt an, dass, wenn man die Rückenlage sehr vorsichtig ausführe, der Frosch gegen 1/2 Stunde lang diese beibehalte, was ich bestätigen kann. Hält man den hirnlosen Frosch längere Zeit in jener Lage und zieht dann die Hände behutsam zurück, so bleibt er in der That aussergewöhnlich lange so liegen. HEUBEL[5] geht sogar so weit zu behaupten, dass auch vollkommen gesunde Frösche nach dem angegebenen Verfahren die Rückenlage Stunden lang inne behielten. Ist dem so, dann ist diese Eigenschaft für die Beurtheilung der Bedeutung des Grosshirns im Vergleich mit anderen Hirntheilen nur unter gewissen Voraussetzungen brauchbar. Indess scheint hieraus kein Nachtheil für die etwa zu ziehende Schlussfolgerung zu entstehen, da GOLTZ[6] dargethan hat, dass Frösche ohne Grosshirn auf schiefen Ebenen durch ent-

1 DESMOULINS et MAGENDIE, Anatomie des systèmes nerveux etc. II. p. 629.

2 RENZI, Saggio di fisiologia etc. Annali univers. di medicina. Vol. 186. p. 141.

3 GOLTZ, Beiträge zur Lehre von den Functionen d. Nervencentren d. Frosches. Berlin 1869.

4 VULPIAN, Leçons sur la physiologie etc. Redigées par E. BREMONDE. p. 681. Paris 1865.

5 E. HEUBEL, Ueber die Abhängigkeit des wachen Gehirnzustandes etc. Arch. f. d. ges. Physiol. XIV. S. 158.

6 GOLTZ, Beiträge zur Lehre von den Functionen d. Nervencentren d. Frosches. S. 70 ff. Berlin. 1869.

sprechende Bewegungen sich vor dem Fallen zu schützen suchen und unter selbst erschwerten Umständen zur Befriedigung ihres Athmungsbedürfnisses, vorher untergetaucht, an die Oberfläche des Wassers in die Höhe steigen. Von Vögeln und Säugethieren, insbesondere Meerschweinchen, erzählt Renzi Züge, aus denen zu entnehmen, dass sie nach der Hinwegnahme des Grosshirns noch sahen und hörten. Warf man die Vögel in die Luft, so kamen sie auf dem Boden in einer Weise an, als hätten sie mit dem Gesicht die Entfernung desselben abgemessen; für gewöhnlich die Augen geschlossen, öffneten sie dieselben bei starken Tönen. Bei schmerzhaften Reizen schrieen die Thiere, eine Beobachtung, die auch von anderen Seiten vor Renzi gemacht worden ist. Sie erkannten aber weder ihre Nahrung, noch feindliche Bewegungen und erschreckende Geräusche. Aehnliche Erfahrungen machte Lussana.[1] Renzi drückt diese Ergebnisse dahin aus, dass er sagt, mit der Wegnahme des Grosshirns verlieren die Thiere ihre Intelligenz und daher auch die intellectuelle Perception der Gesichts- und Gehörempfindungen. Bemerkenswerth ist, dass bei Tauben von Voit beobachtet worden ist, dass einige Wochen nach der Abtragung der Hemisphären jener schlafähnliche Zustand wieder zu verschwinden anfängt; sie öffnen die Augen, spazieren umher, ja fliegen von freien Stücken wieder auf, ihre Sinnesthätigkeiten vervollkommnen sich, und sie sind bisweilen nur dadurch von vollkommen gesunden zu unterscheiden, dass sie nicht von selbst fressen. Es ist wahrscheinlich, dass diese Zustände mit der Neubildung von Hirnmasse zusammenhängen, da man solche in einem Fall unzweifelhaft gesehen hat.[2] Bezüglich der nach Exstirpation des Grosshirns übrig bleibenden Bewegungen sind noch einige Bemerkungen nothwendig. Je sorgfältiger alle Reize von einem solchen Thiere fern gehalten werden, desto sicherer behauptet es die einmal nach der Operation eingenommene Stellung. Goltz setzte Frösche auf ein auf die Unterlage gezeichnetes Kreuz und fand, dass die Thiere Tage lang ihre Lage zu demselben nicht geändert hatten. Bringt man sie dagegen in Wasser, so schwimmen sie noch eine gewisse Zeit, wie mehre Beobachter gesehen und ich selbst bestätigen kann. Desmoulins und Magendie, welche, so viel ich weiss, die ersten waren, die diese Beobachtung machten, schlossen daraus, dass bei diesen Thieren die Spontaneität der Bewegungen nicht an das Grosshirn geknüpft sei. Man könnte zufolge der Beobachtung

1 Lussana, Monografia del vertigine. p. 72.
2 Voit, Beobachtungen nach Abtragung der Hemisphären des Grosshirns bei Tauben. Sitzgsber. d. bayr. Acad. Math.-phys. Cl. 13. Juni 1868.

VULPIAN's, dass solche Thiere im Wasser sehr regelmässig schwimmen und, wenn sie an die Wand des Wassergefässes anstossen, Versuche, bisweilen sogar mit Erfolg, machen, an derselben in die Höhe zu klettern, in dieser Annahme bestärkt werden, aber diese Andeutung wird sehr bedenklich, wenn man die weitere Thatsache erwägt, dass, wenn man einmal unsere Thiere unter Wasser zur Ruhe gebracht hat, sie ohne weitere Anregung in dieser beharren. Ich stelle diesen Versuch, auf welchen zuerst ONIMUS [1] aufmerksam gemacht hat, in der Weise an, dass ich den hemisphärenlosen, bereits zur Ruhe gekommenen Frosch auf eine Unterlage setze, welche an dem sehr langsam sinkenden Gewicht eines Uhrwerks angebracht ist, und letzteres, nachdem jener einige Zeit in Ruhe verharrt hat, in ein Gefäss mit Wasser sinken lasse. Das Thier taucht langsam unter, ebenso entfernt sich dann die Unterlage, und jenes bleibt schwebend im Wasser hängen, bis eine Erschütterung oder irgend ein anderer Reiz es zum Schwimmen anregt. Wenn man indess an den oben erwähnten Versuch HEUBEL's denkt, so fragt man sich, ob der Process des freien Willens selbst so weit analysirt sei, dass man mit Sicherheit sagen kann, ob ein der Hemisphären beraubter Frosch sich bezüglich der Entstehung seiner Bewegungen von dem vollkommen gesunden wesentlich oder nur graduell unterscheide. Es macht den Eindruck, als ob im hemisphärenlosen Frosch die Anregung zur Bewegung nur rascher erlischt, als im anderen, und dass er daher, um in einer solchen zu verbleiben, der öfteren Anregung bedarf, der andere aber, wenn sorgsam vor einer Zustandsänderung bewahrt, sich ähnlich dem ersteren verhalten kann. Man ersieht aus den bisherigen Mittheilungen, dass Frösche der vorausgesetzten Art an dem Mechanismus ihrer allgemeinen Körperbewegungen Nichts eingebüsst haben, aber auch solche, die sich auf andere, willkührlich zu bewegende Theile beziehen, sind erhalten, und es lässt sich von ihnen nachweisen, dass sie an die Existenz von zwischen dem verlängerten Mark und dem Grosshirn liegenden Hirntheilen gebunden sind. Schon PATON beobachtete, dass Frösche, denen die Grosshirnhemisphären genommen waren, quaken, wenn man die Haut des Rückens in der Interscapularregion berührt [2]. GOLTZ hat diesen Versuch, wahrscheinlich ohne die Notiz von PATON zu kennen, zum Gegenstand eines besonderen Studiums gemacht; die Reizung der

1 ONIMUS, Recherches expérimentales etc. Journ. d. l'anat. et. d. l. physiol. 1870. p. 633. 636. 652.

2 PATON, On the perceptive power of the spinal chord etc. Edinburgh med. and surg. journal. LXV. p. 251. 1. April 1846.



Rückenhaut ist nach diesem Forscher das Wesentlichste. Vulpian macht, unabhängig von den übrigen Physiologen, eine ähnliche Angabe. Die Bewegungen der Säugethiere und Vögel anlangend, so ist ebenwohl nicht bekannt, dass der Bewegungsmechanismus mit der Wegnahme des Grosshirns wesentliche Störungen erleidet; sie laufen, schwimmen, fliegen, wenn irgendwie passend dazu angeregt.

Man muss fragen, in wie weit sich bei jenen Resten der Sinnesthätigkeiten und den Bewegungen im Einzelnen Sehhügel und Zweihügel, resp. Vierhügel, betheiligen. Renzi stellte Versuche bei Fröschen an, um sich über die Hirntheile zu belehren, welche die erwähnten Gesichtswahrnehmungen vermitteln und kam zu dem Resultate, dass, wenn er die thalami optici in ihrem vorderen Theile, jedoch mit Schonung der an ihren äusseren Flächen herziehenden tractus optici durchschnitt, die Thiere sich ganz so verhielten, als wenn ihnen nur das Grosshirn entfernt worden wäre [1], dass, wenn er aber die Wände der bekanntlich hohlen lobi optici auf beiden Seiten entfernte, die Thiere bei allen Bewegungen gegen die Objecte anstiessen [2]. Nach Goltz verlieren Frösche ohne Grosshirn, thalami optici und Zweihügel die Fähigkeit, bei Reizung ihrer Rückenhaut reflectorisch zu quaken und auf schiefen Ebenen mit fortwährend wachsendem Neigungswinkel ihr Gleichgewicht durch Klettern zu behaupten; aber es ist nicht bestimmt worden, welcher Antheil dabei auf einen jeden der beiden genannten Hirntheile und die Fortsetzungen des Rückenmarks kommt, mit denen jene Theile verbunden sind. Prüfungen, die ich selbst an Thieren mit abgetragenen thalami vorgenommen habe, ergaben ein Vorwalten mehr kriechender als springender Bewegungen und nur unvollkommene Aequilibrirungsversuche auf der schiefen Ebene. Ich setze dabei voraus, dass die Trennung genau in den schrägen Linien geschieht, welche die thalami optici von den lobi optici trennen. Ich lasse unentschieden, ob der Erfolg bloss durch den eigentlichen lobus opticus oder durch die Entfernung der Unterlage, auf der er aufsitzt, bedingt wird. Diese Angabe scheint der von Goltz [3] zu widersprechen, dass er die Fähigkeit von Fröschen mit abgetragenem Grosshirn zum Klettern in die Zweihügel verlegt, es hat aber derselbe, so viel ich sehe, die thalami und lobi optici nicht getrennt untersucht. Es wird zwar angegeben, dass möglichst vollkommene Abtragungen der lobi optici selbst bei Er-

---

1 Renzi l. c. Vol. 186. p. 160.
2 Ebendaselbst p. 169.
3 Goltz, Beiträge zur Lehre von den Functionen d. Nervencentren d. Frosches. S. 73. 74. Berlin 1869.

haltung aller übrigen Hirntheile die Aequilibration unmöglich machen sollen. Dies würde andeuten, dass beim Frosch die Sehhügel gar keinen Einfluss auf jene Function hätten. Ich möchte aber sehr bezweifeln, dass die Wegnahme der Zweihügel ohne Beschädigung der unter ihnen herziehenden Theile ausführbar ist. Im Augenblick, wo ich dies niederschreibe, kommt mir ein Bedenken, das eine neue Prüfung nothwendig macht. Es ist oben angegeben worden, dass man einen Frosch ohne Grosshirn um so länger in der Rückenlage erhalten kann, je später man die ihn in seine Lage zwingenden Hände leise von ihm lässt, und dass man ihn im Wasser ohne zu schwimmen um so sicherer zur Ruhe bringt, je langsamer man ihn einsenkt. Man kann nun ebenso vermuthen, dass die Aequilibrirungsversuche um so schlechter ausgeführt werden, je langsamer man innerhalb gewisser Grenzen den Neigungswinkel der schiefen Ebene wachsen lässt. Diese Vermuthung ist zu prüfen und, falls sie sich bestätigt, kann auf die Abhängigkeit der Aequilibrirung von gewissen Hirntheilen erst dann geschlossen werden, wenn in den zu vergleichenden Versuchen die schiefe Ebene mit gleicher Schnelligkeit erhoben worden ist. Ebenso bleibt es unentschieden, ob die Kletterversuche deshalb ausgeführt werden, weil in thalamus und lobus opticus nur wichtige Elemente für den Tastsinn und das Muskelgefühl entwickelt sind, oder ob dieser an anderen Stellen des Präparates seinen Sitz hat und in jenen ein besonderer Bewegungsmechanismus für das Klettern entwickelt ist, oder ob Beides zugleich stattfindet. Dass besondere motorische Einrichtungen in jenen Theilen liegen und daraus mit Wahrscheinlichkeit auf ein die Ausführung der Aequilibrirungsversuche begünstigendes Moment geschlossen werden kann, folgt aus den Erfahrungen, dass Verletzungen der genannten Theile Zwangsstellungen und Zwangsbewegungen geben. Es treten dieselben nach vorgängiger Abtragung des Grosshirns ebenso, als bei Anwesenheit desselben ein, was beweist, dass dieselben nicht durch eine Collision der spontanen willkührlichen Innervation mit irgend welchen anderen Kräften zu Stande kommen. Voraus bemerke ich, dass die Angabe [1], nach der blossen Abtragung einer Hemisphäre des Frosches trete Zwangsbewegung ein, nicht correct ist. Diese tritt nur dann ein, wenn man bei jener Operation durch Zug, Druck oder sonstwie eine Wirkung auf den lobus ventriculi tertii ausübt. Nicht jede Verletzung, die man blindlings an dem in Rede stehenden Hirntheil anbringt, gibt Zwangsbewegung. So lange man sich ein-

1 Onimus, Recherches expérimentales etc. Journ. d. l'anat. et d. l. physiol. 1870. p. 631. 644.

seitig an den vorderen Theil hält, bekommt man nur eine Biegung des Thieres nach der verletzten Seite, welche nach einiger Zeit wieder verschwindet. Erst wenn man einseitig in der hinteren Gegend, etwa von der hinteren Umrandung der von oben in den dritten Ventrikel führenden Oeffnung eine Verletzung macht, treten Zwangsbewegungen ein, doch muss man auch hier noch darauf gefasst sein, nur Biegungen nach der verletzten Seite hin zu bekommen. Es hängt dies von nicht näher anzugebenden Eigenthümlichkeiten der Verletzung ab. Jene Bewegungen fallen in den einzelnen Fällen sehr verschieden aus. Bald sind es Manègebewegungen mit dem Centrum der Bewegung auf der verletzten Seite, bald sind es Halbmesserdrehungen, wobei der Drehpunkt im oder in der Nähe des verletzten Hinterbeines liegt, bald sind es Gemische beider Bewegungsarten, bald fängt die Bewegung mit einer Manègebewegung an und geht nach und nach in eine mehr oder weniger vollkommene Halbmesserdrehung über; bald haben alle diese Bewegungen einen mehr hüpfenden, bald einen mehr kriechenden Charakter nach Art der Bewegung der Kröten. Sie alle verschwinden nach einiger Zeit und können dann durch Reizung des Thieres wieder auf kurze Zeit angefacht werden. Wie bereits angemerkt, sind sie sowohl an Thieren, denen das Grosshirn abgetragen worden ist, als auch an solchen, welche dies noch besitzen, darstellbar. Hat man einem Frosch das Grosshirn, ausserdem noch einen lobus ventriculi tertii abgetragen und macht man, nachdem die etwa der letzten Operation folgenden Zwangsbewegungen verschwunden sind, eine Verletzung an einer wirksamen Stelle des anderen gleichnamigen Lappens, so bekommt man die eine oder andere der vorher beschriebenen Formen der Zwangsbewegungen mit dem Centrum auf der zuletzt verletzten Seite. Verletzt man an einem Frosche ohne Grosshirn möglichst gleichmässig und gleichzeitig zwei symmetrisch gelegene Zwangsbewegungen erzeugende Stellen, so resultirt daraus bisweilen eine Zwangsbewegung nach vorn, die aber, weil dieser Forderung factisch sehr schwer zu genügen ist, nicht häufig zur Beobachtung kommt. Sind die beiderseitigen Verletzungen nicht gleichwerthig, so entsteht Zwangsbewegung nach einer Seite, die sich aber meistens nicht vorausbestimmen lässt, da man es nicht immer trifft, das Uebergewicht auf die Seite zu legen, für die man es beabsichtigt. Es bleibt auch hierbei unentschieden, ob das wirksame Moment in einer Verletzung des eigentlichen lobus opticus oder in einer des mit ihm verknüpften Hirnschenkels zu suchen ist. Diese Theile scheinen mir hier zu klein, um sicher im Experiment von einander gehalten werden zu können.

Aus diesen Angaben, die auf eigner Beobachtung beruhen und mit denen von Renzi [1] in den Theilen übereinstimmen, die einen Vergleich zulassen, folgt über die Zwangsbewegungen ausser Dem, was schon mehrmals über ihre Unabhängigkeit von einem etwaigen Zusammenhang mit den spontanen, willkührlichen Bewegungen gesagt worden ist, dass sie Bewegungen eines complicirten Mechanismus sind, den man für kurze Zeit durch die mechanische Verletzung zu seiner Thätigkeit anreizt. Es ist daher auch jeder Ausdruck über die Entstehungsweise derselben, welcher dieser Folgerung nicht Rechnung trägt, incorrect; insbesondere ist die Anwendung des Wortes Abtragung eines thalamus zu vermeiden, da nicht der dadurch entstehende einseitige Mangel desselben, sondern die damit verknüpfte Reizung die nächste Ursache ist [2]. Ueber den Einfluss der Zweihügel auf die Bewegung beim Frosch kann Folgendes gesagt werden. Wenn man das Gehirn quer hinter diesen Gebilden auf beiden Seiten gleichmässig trennt, so zeigen die Bewegungen, zu denen man die Thiere anregt, einen auffallenden Mangel an Harmonie und erinnern an die Erscheinungen, welche man bei Säugethieren nach Verletzung des kleinen Gehirns beschrieben hat; die auf Reize folgenden Bewegungen werden plump und unbeholfen ausgeführt. Diesen Mangel schreiben Cayrade [3] und Goltz der Abwesenheit der Zweihügel zu, offenbar nicht mit befriedigendem Grund, da beide Forscher nicht vorher besonders den Erfolg untersucht, welchen eine alleinige Abtragung der thalami optici mit sich bringt und damit im Einzelnen den Effect der Zweihügelabtragung verglichen haben. Mechanische Verletzungen der äusseren Partieen der Zweihügel haben, etwa eine geringe Schwäche und Langsamkeit ausgenommen, keine Bewegungsstörungen zur Folge, wenn man absieht von denen, welche aus der dadurch entstehenden Blindheit hervorgehen. Tiefer gehende Verletzungen, von denen es aber zweifelhaft ist, ob sie sich nicht weiter als auf die eigentlichen Zweihügel erstrecken, geben Körperbiegungen und Zwangsbewegungen, bald die ersteren, bald mit den letzteren verbunden. Die bisherigen Angaben bedürfen aber einer nochmaligen Revision und weiterer Prüfungen. Am häufigsten sind die Bewegungen mehr oder weniger reine Manègebewegungen mit dem Centrum der Bewegung auf der der verletzten Seite [4] entgegengesetzten, es

---

1 Renzi l. c. Vol. 186. p. 164.
2 Vergl. hierzu den Schluss dieses Capitels.
3 Cayrade, Les localisations des mouvements réflexes. Journ. d. l'anat. et d. l. physiol. 1868. p. 346.
4 Siehe, ausser bei Flourens: Baudelot, Recherches expérimentales sur l'encéphale de la grenouille. Ann. d. sciences natur. 5. série. Zool. et Palaeont. III. p. 5. 1865.

kommen aber auch solche nach der verletzten vor [1], insbesondere, wie es scheint, nach Verletzungen der mehr nach hinten gelegenen Theile der Vierhügel. Im Wasser gehen diese Zwangsbewegungen oft oder stets, was gleichfalls näher zu untersuchen, in Drehungen um die Längsaxe über. Die Zwangsbiegungen sind nach der verletzten Seite gerichtet. RENZI ist der Ansicht, dass die Innervationsheerde in den thalami optici und die in den lobi optici insofern wesentlich von einander verschieden wären, als die ersteren nur den im Grosshirn entwickelten auf die Intelligenz Bezug habenden motorischen Vorgängen dienten, während die letzteren in Beziehung zu den Seiten der Sinnesthätigkeiten stünden, für welche die lobi optici als die wichtigsten Organe anzusehen sind. Es bleibe dahin gestellt, ob dies der richtige Ausdruck für die etwaigen Unterschiede der Beziehungen zur Motilität zwischen thalamus und lobus opticus ist; ich habe bei der Mittheilung dieser Ansicht den Zweck gehabt, spätere Forscher, welche Untersuchungen über die Zweihügel anstellen, zu veranlassen, ihren Versuchen mit Rücksicht darauf entsprechende Formen zu geben. Oft entstehen nach scheinbar denselben Verletzungen der Zweihügel in dem einen Fall exquisite Zwangsbewegungen, in dem andern keine Spur davon, sondern nur eine Biegung des Körpers, oder die Zwangsbewegungen ermangeln der Präcision, hören bald auf und können durch Hautreize gar nicht oder kaum wiederangefacht werden. Ich glaube, dass dies in Zusammenhang zu bringen ist mit der grossen Prostration, welche eine mechanische Reizung der Zweihügelgegend, insbesondere eine gänzliche quere Trennung durch dieselben, bekanntlich erzeugt, wie dies oben bei Besprechung der sog. Hemmungsmechanismen beschrieben worden ist. Bei erneuten Untersuchungen über die Zwangsbewegungen, die in dieser Gegend zu erhalten sind, wird es daher angezeigt sein, dass man sich vorher genau mit der Lagerung jener prostrirenden Elemente bekannt macht und derselben Rechnung trägt.

Die bisher über den Sehhügel der Säugethiere bekannt gewordenen Erfahrungen scheinen demselben auch hier eine vielseitige Rolle bei den Gehirnthätigkeiten zuzuweisen. Zunächst liegen Erfahrungen über Beziehungen desselben zum Gesichtssinne vor. Mehrere Physiologen haben geglaubt, hierher die Beobachtungen ziehen zu müssen, welche über den Einfluss des Sehhügels auf die Irisbewegung von verschiedenen Forschern bekannt geworden sind. Klar ist jedoch, dass, obschon mit gewissen Qualitäten des

1 RENZI l. c. Vol. 186. p. 172.

Sehens entsprechende Bewegungen der Iris verknüpft sind, doch nicht umgekehrt aus dem Bestehen, oder dem Verlust der letzteren mit Sicherheit auf jene geschlossen werden kann, da bei vollkommener Integrität der brechenden Augenmedien es Erblindungsformen mit erhaltenen reflectorischen Irisbewegungen gibt. Wir nehmen indess von den wesentlichen Angaben über diesen Punkt Notiz. LONGET [1] gab an, dass er nach Zerstörungen der thalami optici die Iris auf Lichteindrücke noch reagiren sah und dass er bei directer Reizung jener keine Oscillationen der Pupille beobachtet habe. Andere, wie namentlich RENZI [2] fanden, dass diese Angabe für den vorderen Theil des Sehhügels allerdings richtig ist, höchstens man nur eine vorübergehende Erweiterung sieht, dass jedoch eine vollständige Abtragung des hinteren Theils des Sehhügels eine dauernde Pupillenerweiterung auf der anderen Seite gibt. Man findet diese Erfolge begreiflich, wenn man bedenkt, dass der Sehnerv sich über die Oberfläche des hinteren Theils des Sehhügels ausbreitet, und eine jede Durchtrennung des Opticus Erweiterung der Pupille in Folge des Wegfalls des durch die Lichtreizung des Opticus erregten Oculomotorius veranlasst. Hiervon abgesehen, sind aber auch sattsam Erfahrungen vorhanden, welche eine innigere Beziehung des Sehhügels zu den Vorgängen beim Sehen darthun. Schon ROLANDO, später PANIZZA und LUSSANA, und Andere sprechen von Blindheit auf dem der Verletzung des Sehhügels entgegengesetzten Auge, zum Theil ausdrücklich nach solchen Stellen der vorderen Partie desselben, dass der Effect nicht auf eine Trennung des macroscopischen Verlaufes des tractus opticus bezogen werden kann.[3] Von neueren Forschern ist es namentlich RENZI [4], welcher auf diesen Punkt bezügliche Experimente angestellt hat. Er trug bei Vögeln und Meerschweinchen die oberen Schichten der vorderen Hälfte des Sehhügels ab, oder verwundete denselben in anderer Weise ausgiebig, und überzeugte sich, dass die Thiere vor das entgegengesetzte Auge gelegten Hindernissen nicht auswichen, oder vor denselben stehen blieben, oder in die Luft geworfen, die Gegenstände sahen, auf welche sie sich setzten, wovon das Gegentheil geschah, sobald man vor dem anderen Auge diese Prüfungsmittel für bestehenden Gesichtssinn anwandte. Bei der Mittheilung dieser Experimente gibt er oft an, dass er Sehhügel mit Schonung des Tractus verletzt habe. Aehnliche Erfahrungen sind von anderer Seite, z. B. durch

1 LONGET, Anat. et Physiol. etc. I. p. 500.
2 RENZI l. c. Vol. 189. p. 419 ff.
3 PANIZZA, Osservazioni sul nervo ottico. 1855. p. 9. Giorn. dell' J. R. Istituto di scienze etc. di Milano VII.
4 RENZI l. c. Vol. 186. p. 530. Vol. 189. p. 429.

Nothnagel und Ferrier gemacht worden. Auch vom Menschen sind Fälle verschiedener Sehstörungen bis zur Erblindung nach verschiedenen Desorganisationen des Sehhügels bekannt geworden. Besonders lehrreich ist ein von Hughling Jackson beschriebener Fall, bei welchem der rechte Thalamus in seiner hinteren Abtheilung erweicht und das Pulvinar zerstört war. In der vorderen Hälfte des Thalamus, dem Hirnschenkel und der weissen Substanz der Hemisphäre konnten keine krankhaften Veränderungen gefunden werden. Während des Lebens hatte man linksseitige Hemiopie beider Augen beobachtet. Uebrigens lehren alle Erfahrungen dieser Art nichts mehr, als dass die Sehhügel wichtige Glieder für das Zustandekommen der Gesichtsempfindungen enthalten, etwa wie die tractus optici auch solche bergen. Auch bei den Versuchen, Erfahrungen am Menschen, wie die von Jackson gemachte, zu zergliedern, treten nur Vorstellungen über Leitungsverhältnisse, unter Anwendung mehr oder weniger begründeter Schemen, wie z. B. das von Charcot gegebene, hervor.[1] In Verbindung aber mit der Erfahrung, dass bei Säugethieren und Vögeln nach der alleinigen Entfernung der Grosshirnhemisphären die Thiere noch sehen und ähnlich wie Frösche auch ihre Gesichtswahrnehmungen bis zu einem gewissen Grade verwerthen, indem sie Hindernissen ausweichen, oder solche plötzlich in ihren Weg gestellt, vor denselben stehen bleiben, den Bewegungen einer Lichtflamme folgen, etc. machen sie wahrscheinlich, dass in den Sehhügeln die Gesichtswahrnehmungen bis zu einer gewissen Vollendung entstehen. Ueber die relative Bedeutung der Sehhügel und der Grosshirnhemisphären für die Gesichtswahrnehmungen ist die Darstellung der Functionen der Hirnrinde zu vergleichen. In ähnlicher Weise sind die Sehhügel auch noch zu anderen Sinneswahrnehmungen in Beziehung gebracht worden, oder es sind Gründe vorhanden, zu vermuthen, dass zukünftige Experimente einen solchen Zusammenhang darthun werden. Das vorhandene Material spricht aber nicht so überzeugend als das in Bezug auf den Gesichtssinn erwähnte. Auf der einen Seite sind von verschiedenen Seiten für Vögel und Säugethiere Erfahrungen beigebracht worden, dass nach der Entfernung der Sehhügel gewisse Antheile von Gehör-, Geruchs-, Geschmacks- und Gefühlswahrnehmungen zurückbleiben.[2] Auf der anderen Seite ist eine Anzahl Fälle von Erkrankungen des Sehhügels bekannt geworden, bei denen sich Affectionen der Gehör- und Tastempfindungen wäh-

1 Ferrier, Die Functionen des Gehirns. Uebersetzt von Obersteiner. S. 273. Braunschweig 1879.

2 Vergl. insbes. Renzi in seiner bereits mehrfach angeführten Untersuchung.

rend des Lebens gezeigt hatten.[1] Aber derartige Erfahrungen geben allerlei Bedenklichkeiten Raum, insbesondere ist nicht befriedigend zu entscheiden, wie weit der pathologische Eingriff reichte, er kann sich weit über das macroscopisch, selbst microscopisch wahrnehmbare Gebiet hinaus erstrecken. Von Experimenten an Thieren sind mir nur einige über die an und für sich schon unsichere Tastempfindlichkeit bekannt und diese stimmen in ihren Resultaten nicht überein. NOTHNAGEL[2] will nach mechanischer Zerstörung der Sehhügel dieselben Reactionen auf Hautreize, wie zuvor gesehen haben. FERRIER[3] gibt an, dass, obschon er nach Zerstörung der nach aussen vom Sehhügel liegenden Fasermassen die Tastempfindlichkeit herabgesetzt fand, er sie doch erst nach Zerstörung des Sehhügels vollständig verschwinden sah. Ueber diesen unsichern Punkt haben also umsichtige Versuche erst noch Aufklärung zu bringen; die an Fröschen gemachten Erfahrungen machen FERRIER's Angabe unwahrscheinlich. Endlich ist noch von der Stellung des Sehhügels zu den Bewegungen zu sprechen. Von positiven Erfolgen einer electrischen Erregung der Sehhügel ist meines Wissens nichts bekannt geworden. Die mechanischen Eingriffe in die Substanz dieses Hirntheils sind in verschiedenen Händen von sehr verschiedenen Erscheinungen begleitet gewesen und haben daher auch zu differenten Meinungen über die Beziehung des Sehhügels zur Locomotion geführt. Nach Dem, was ich selbst gesehen habe, begreife ich dies. Je nach der Lage, Ausdehnung etc. des mechanischen Angriffs sieht man verschiedenartige Motilitätsstörungen und je nachdem dem einen Forscher diese, dem anderen eine andere Form desselben am häufigsten unter die Hände gekommen, ist der Einfluss des Sehhügels auf die Bewegung anders dargestellt worden. Es wäre eine ganz verdienstliche Arbeit, die angedeuteten Verschiedenheiten noch einmal gründlich durchzuarbeiten. Aeltere Beobachter, wie SAUCEROTTE[4] und später SERRES[5] geben an bei Schnitten durch die Sehhügel Lähmung der vorderen und grosse Beweglichkeit der hinteren Glieder gesehen zu haben und hatten die Meinung, dass der Sehhügel das Centrum für die Bewegung der vorderen Extremitäten sei. LONGET sah bei Kaninchen nach Verletzung nur eines Sehhügels Manègebewegung in der Art, wie nach einseitiger

1 LUYS, Recherches sur le système nerveux. p. 538. CRICHTON-BROWNE, West Riding Asylum Reports. V.

2 NOTHNAGEL, Experimentelle Untersuchungen etc. Arch. f. pathol. Anat. LXII. p. 201.

3 FERRIER l. c. p. 270.

4 SAUCEROTTE, Mémoire sur les contre-coups etc. Prix de l'academie de chir. IV. p. 310.

5 SERRES, Anatomie comparée du cerveau. II. p. 690.

Verletzung des Pedunculus cerebri, also von der verletzten nach der dieser entgegengesetzten Seite. Er glaubte dieselbe erzeugt durch eine Lähmung beider Gliederarten der entgegengesetzten Seite. SCHIFF[1], welcher sich ausführlicher als seine Vorgänger mit diesem Gegenstand beschäftigte, hat diese Angabe in mehren Punkten modificirt und erweitert. Die Erscheinung, wie sie LONGET beschrieben, sagt derselbe, findet nur dann statt, wenn man den Sehhügel im hinteren Drittel durchschneidet, man sieht die Manègebewegung aber nach der anderen, also verletzten Seite ausgeführt werden, falls der Schnitt in die vorderen Theile des Sehhügels dringt. Eine Hemiplegie der gesunden Seite läugnet er. Um die Erscheinung zu erläutern, macht er darauf aufmerksam, dass die wie angegeben operirten Thiere unter starker Biegung des Halses und Kopfes ihre Vorderbeine stärker nach der gesunden Seite deviiren, als die hinteren und dass in Folge davon, so oft sie durch einen Antrieb ihres Willens sich bewegen wollen, durch jene abnorme Deviation eine Drehung im genannten Sinne entsteht. Den Grund der erwähnten Abweichungen nach der genannten Seite hin findet er in der Annahme, dass in einem Sehhügel sich alle diejenigen Fasern der Vorderbeine[3] zusammen vereinigt finden[2], welche bei einer Seitwärtswendung des Thieres auf beiden Seiten in die dazu nöthige harmonische Thätigkeit gerathen und das Thier in Folge der Lähmung derselben auf der Seite des Schnittes zwingen, den Ortsbewegungen eine Richtung nach der gesunden Seite zu geben. Man sieht, dass, obschon er den Ausdruck Zwangsbewegung tadelt, seine Analyse ihn doch auf einen Zwang zurückführt. Auch nach vorgängiger Abtragung der Hemisphären incl. der Corpora striata gelingen die Versuche nach SCHIFF deshalb, weil hier durch Reflex die noch vorhandenen cerebralen Bewegungsorgane angeregt werden. Diesen Erörterungen macht SCHIFF noch den Zusatz, dass kurz nach der Durchschneidung das Thier während einiger Secunden erst eine Drehung nach der verletzten Seite mache und erklärt dies durch eine directe Reizung der centralen Bewegungsorgane derselben Seite, welche nachher gelähmt wären, so dass die der anderen Seite in alleinige Wirksamkeit treten würden. NOTHNAGEL hat den grössten Theil, insbesondere auch den letzten von SCHIFF's Angaben, insofern sie sich auf die Thatsachen beziehen, bestätigt.

---

1 SCHIFF, Lehrbuch der Muskel- und Nervenphysiologie. S. 342 ff. 1858—59.

2 l. c. S. 347.

3 Wenn ich SCHIFF nicht missverstehe, so würde seine Meinung mit der SAUCEROTTE's das gemein haben, dass die Sehhügel nur Bewegungscentren für die Vorderfüsse enthalten.

Dagegen hält es Renzi[1] bezüglich des Sinnes der Drehung mit Longet, obschon er in vielen Versuchen einmal die Drehung in der von Schiff angegebenen Richtung gesehen hat. Den Grund dieser auseinander gehenden Angaben weiss ich nicht zu errathen. Ob Renzi die von Schiff angegebenen Versuchsbedingungen nicht innegehalten hat? Neben diesen mechanischen Eingriffen in die Sehhügel sind nun noch die Folgen aufzuzählen, welche ihre gänzliche Entfernung oder totale Zerstörung herbeiführt. Hierüber sind Versuche von Renzi und Nothnagel vorhanden. Von denen des ersteren wähle ich diejenigen aus, in denen vorher das Grosshirn entfernt worden war, da sie erkennen lassen, welche Thätigkeiten in Wegfall mit der Wegnahme der Thalami kommen, die nach Entfernung des Grosshirns noch bestanden. Bei Vögeln[2] sah er Unfähigkeit zu stehen, laufen, fliegen und Gegenstände mit den Füssen zu umklammern. Ohne äussere Anregung lagen sie auf dem Bauch, die eine oder andere Seite ausgestreckt, in die Luft geworfen schlugen sie zwar mit den Flügeln und zeigten somit, dass sie nicht vollständig paralytisch waren, aber sie konnten den Flug in keiner Weise regiren. Uebrigens hörten die Thiere noch und schrieen, wenn man sie ergriff. Aehnliche Erfahrungen berichtet er, wenigstens bezüglich der Motilität, von Kaninchen.[3] Nothnagel zerstörte bei Kaninchen beide Sehhügel vollständig ohne zuvor das Grosshirn abzutragen.[4] Er versichert, hierauf den Kaninchen Nichts angesehen zu haben, sie sollen alle Bewegungen wie im Normalzustande ausgeführt und weder eine Deviation der Beine, Krümmung der Wirbelsäule oder abnorme Haltung des Kopfes gezeigt haben. Sie unterschieden sich von Thieren mit intactem Gehirne nur dadurch, dass sie die ihnen nach vorn gezogenen Vorderbeine in dieser Position verharren liessen und nicht spontan, wie gesunde Thiere es thun, zurückzogen. Auch die Zerstörung nur eines Sehhügels ohne vorgängige Exstirpation des Grosshirns bewirkte keine wahrnehmbare Motilitätsstörung, nur das zuletzt erwähnte Phänomen zeigte sich am Vorderbein der entgegengesetzten Seite. Angesichts dieser Angabe, die sich noch durch einige wenige, jedoch nicht besonders zuverlässige oder keine neue Gesichtspunkte bietende vermehren liessen, ist es unmöglich, die Bedeutung des Sehhügels für die Motilität schon jetzt festzustellen. Während die zuletzt erwähnten Versuche über die bei-

1 Renzi l. c. Vol. 189. p. 441.
2 Ebendaselbst Vol. 186. p. 543.
3 Ebendaselbst Vol. 189. p. 435. 436.
4 Nothnagel l. c. LXII. p. 203.

derseitige Zerstörung der Sehhügel ohne vorgängige Entfernung des Grosshirns gegen jede Beziehung derselben zur Motilität zu sprechen scheinen, weisen ihnen andererseits die einseitigen Durchschneidungen und beiderseitigen Entfernungen nach Abtragung des Grosshirns in der erwähnten Beziehung eine bedeutende Rolle zu. Vorausgesetzt dass die sämmtlichen, hierher gehörigen Thatsachen in jeder Beziehung unantastbar sind, würde es darauf ankommen, eine verständige Erklärung für diesen augenscheinlichen Widerspruch zu finden. Ich glaube aber hier abbrechen zu müssen; bevor zu einem solchen Versöhnungsversuch geschritten wird, mag der Thatbestand noch kritischer festgestellt werden, zumal sich bei der Lectüre der angezogenen Arbeiten hier und da Bedenken aufdrängen. Es würde jedoch zu weit führen, auf dieselben hierorts einzugehen.

Vierhügel. Mit der Physiologie derselben ist es nicht wesentlich besser als mit der des Sehhügels bestellt. Die Experimente an den Vierhügeln sind im Ganzen schwieriger, als am Sehhügel auszuführen. Legt man jene vor der an ihnen auszuführenden Operation nicht bloss, so werden die Versuche unsicher, sucht man sie vorher zu entblössen, um genau zu sehen, was man mit ihnen vornimmt, so hat man meist mit so viel Blutung zu kämpfen, dass einem oft das Vertrauen zu den Versuchen unter den Händen entschwindet. Die so instructiven Versuche, das Verhalten eines Thieres vor und nach der Quertheilung des Gehirns ante und post corpora quadrigemina mit einander zu vergleichen, wie sie oben als an Fröschen ausgeführt erzählt wurden, sind bei Säugethieren und Vögeln bisher noch nicht methodisch ausgebeutet worden. Ich habe zwar S. 97 Versuche von DESMOULINS und Anderen erwähnt, in denen das Gehirn hinter den Vierhügeln quer durchschnitten war, aber aus ihnen sind keine positiven Eigenschaften für die Bedeutung der Vierhügel und der nachbarlichen Gehirngegend bei den Warmblütern zu entnehmen, da die sich unter diesen Umständen darbietenden Erscheinungen nicht in Parallele gestellt worden sind mit denen, welche ein Thier derselben Art zeigt, wenn man die Trennung vor den Vierhügeln ausführt, auch sind die Bewegungserscheinungen viel zu unzulänglich beschrieben. VULPIAN[1] gibt von Kaninchen an, denen er Grosshirn, corpora striata und thalami optici abgetragen hatte, dass sie bei Reizen einige Schritte ausgeführt und nicht das kurze Geschrei hätten hören lassen, welchem man unter gleichen Umständen bei denselben Thieren begegnet, wenn man am vorderen Ende des ver-

---

1 VULPIAN, Leçons sur la physiologie etc. p. 512. Paris 1866.

längerten Marks durchgeschnitten hat, sondern ein verlängertes, sich bisweilen wiederholendes, welches mehr den Eindruck eines sich äussernden Schmerzgefühles mache. Bezüglich der Bewegungen berichtet er ein Gleiches von einem Kaninchen, welches von Hirntheilen nur noch das verlängerte Mark, das Kleinhirn und die Brücke besass. Auch dies konnte noch, wenn äusserlich angeregt, gehen.[1] Tauben in gleicher Weise operirt, erhielten sich noch aufrecht.[2] Bei ersterem Thiere verschwand die Fähigkeit, sich auf den Beinen zu halten und Ortsbewegungen auszuführen, mit tief gehenden Verletzungen der Brücke, woraus zu schliessen, dass bei Säugethieren das Vermögen des aufrechten Standes und der Ortsbewegung zu einem guten Theile in dem Pons localisirt ist. Da aber in diesen verschiedene andere Hirntheile eintreten, so ist auch hiermit nicht viel gesagt. Diese Angaben stimmen mit den von DESMOULINS gemachten überein. FERRIER, dessen Versuch gleichfalls schon oben erwähnt worden ist, muss daher wohl bei der Theilung des Gehirns dicht hinter den Vierhügeln in die Brücke gerathen sein. Aus den beiden neben einander gestellten Versuchen VULPIAN's, die sich auf Querschnitte dicht vor und dicht hinter den Corpora quadrigemina beziehen, würde folgen, dass in der Vierhügelgegend kein wesentlich neues Moment für den aufrechten Stand und die Locomotion hinzu käme. Indess sind dies nur zwei vereinzelte Versuche, die für einen definitiven Schluss nicht ausreichend sind. Andere dieser Art sind nicht zu meiner Kenntniss gelangt.

Zahlreicher sind die Eingriffe in die Vierhügelgegend bei unverletztem Gehirn. Die besseren Versuche deuten nun Beziehungen der Vierhügel zu dem Sinne des Gesichtes und vielleicht auch zu den willkürlichen Körperbewegungen an. FLOURENS[3] trug bei Vögeln und Säugethieren einseitig ein corpus bigeminum ab, und RENZI[4] verwundete es einseitig in verschiedenem Grade bei Vögeln und Säugethieren. Aus den Erfolgen, welche in vollkommner, oder vorübergehender Blindheit bestanden, je nachdem totale Exstirpation oder nur partielle Verletzung stattgefunden hatte, schlossen beide Forscher, dass ein corpus bigeminum Centrum der sensitiven Gesichtsperception, diesen Ausdruck in dem S. 114 angegebenen Sinn genommen, für das entgegengesetzte Auge sei. Es ist mir indess nie recht klar geworden, wie nach RENZI die Trennung des thalamus in seinem vorderen

1 VULPIAN l. c. p. 531.
2 Ebendaselbst p. 538.
3 FLOURENS, Recherches expériment. etc. 2. édit. p. 142. 144.
4 RENZI l. c. Vol. 186. p. 546. Vol. 190. p. 10.

Theile mit Erhaltung des tractus opticus einerseits und der Vierhügel andererseits denselben Erfolg soll haben können.[1] Entweder steht dieses Factum nicht fest, oder es müssen besondere Unterstellungen, die später zu prüfen sind, über den Verlauf der den Gesichtsempfindungen dienenden Wege gemacht werden; der Uebergang eines Theiles der Fasern des tractus opticus in die Sehhügel, und eines anderen Theils in die Vierhügel würde allein nicht ausreichen, vollkommene Blindheit eines Auges sowohl nach der Durchschneidung des thalamus, als auch nach der Exstirpation des lobus opticus zu erläutern. Auch die für die Vögel gemachte Angabe, dass hier der tractus sich nur zu den Vierhügeln begebe, würde nicht beide erwähnte Angaben erläutern. Vielfach sind die Angaben über Bewegungsstörungen bei Verletzungen und Abtragungen der lobi optici. Schon ROLANDO[2] erzählt von den Unregelmässigkeiten der Bewegungen, welche Thiere mit verletzten Vierhügeln, bisweilen Betrunkenen gleich, zeigen; ähnliche Angaben werden später von SERRES[3] gemacht. FLOURENS[4] erwähnt nach Versuchen an Vögeln und Säugethieren Drehungen um die Längsaxe nach der verletzten Seite, RENZI[5] bei Vögeln solche nach der entgegengesetzten. Von Störungen des Gleichgewichts und der Locomotion berichten aus neuerer Zeit unter Anderen MC. KENDRICK[6] und FERRIER.[7] Der letztere sah auch bei electrischer Erregung der Vierhügel Bewegungen in mancherlei Muskeln. Für sie gilt, was ich oben von ähnlichen Angaben über den Erfolg electrischer Reizungen des Kleinhirns gesagt habe. Die Drehungen der Thiere haben einige Beobachter, wie FLOURENS, LONGET, LUSSANA von der einseitigen Blindheit, andere, wie RENZI, von nur lateraler Paralyse abgeleitet; noch andere, ähnlich den übrigen von verschiedenen Gehirntheilen aus darstellbaren Zwangsbewegungen, von der directen Erregung gewisser motorischer Mechanismen. Die erstere Deutung, auf die ich hier, weil sie nahe liegt, ein wenig einzugehen habe, wurde auf die Behauptung hin bevorzugt, dass man bei einseitig künstlich blind gemachten Thieren mit unverletztem Gehirn ähnliche Bewegungen gesehen habe. Man kann indess erwidern, dass oberflächliche Verletzungen, welche einen Vierhügel treffen und

---

1 Siehe oben S. 123. Vergl. bei RENZI, Vol. 186. p. 539 mit p. 551.
2 ROLANDO, Saggio etc. p. 36. 37. Sassari 1809.
3 SERRES, Anatomie comparée du cerveau. II. p. 647. 1826.
4 FLOURENS, Recherches expériment. etc. 2. édit. p. 43. 144. Paris 1842.
5 RENZI l. c. Vol. 186. p. 553.
6 MC KENDRICK, Experiments on the brain of Pigeons. Trans. Roy. Soc. Edinb. 1873.
7 FERRIER l. c. p. 84.

das entgegengesetzte Auge blind machen, keine Drehbewegungen erzeugen und dass diese erst dann, durchaus aber nicht immer, entstehen, wenn man mehr in die Tiefe vordringt. Wenn in der Beobachtung keine Ungenauigkeit vorgefallen ist, würde sich mit jener Annahme auch das Factum nicht gut vertragen, dass die Drehung bald nach der einen, bald nach der anderen Seite hin gerichtet ist; es sei denn, dass die künstlich blind gemachten Thiere diese Unregelmässigkeit gleichfalls zeigten. Da der innere Zusammenhang der in der Vierhügelgegend verknüpften Theile, ähnlich wie in der Kleinhirngegend, nicht bekannt ist, so hat man noch keine genügenden Versuche darüber anstellen können, auf welche einzelnen Theile die beschriebenen Erscheinungen zu beziehen sind. Weil bei oberflächlichen Verletzungen und der Abtragung dünner Schichten die Bewegungsstörungen fehlen oder nur in geringem Grade auftreten, so haben LONGET und Andere jene auf eine Verletzung der Hirnschenkel beziehen wollen. Für diese ist aber an dem fraglichen Ort eben so wenig eine genaue Vorstellung vorhanden, wie für das Wort Vierhügel, und wir müssen uns auch hier bis auf Zeiten besserer Einsicht mit dem Ausdruck Vierhügelgegend begnügen.

4. *Streifenhügel.*

Die Erfolge verschiedener experimenteller Prüfungen, welche man an diesem Hirntheil vorgenommen hat, lauten noch nicht so übereinstimmend und sind auch noch nicht sämmtlich so kritisch durchgearbeitet, dass sich ein ganz festes Bild von der Bedeutung dieses Hirntheils entwerfen liesse. Die Erfolge electrischer Reizungen desselben gibt FERRIER dahin an, dass starke Ströme auf ein corpus striatum applicirt, Pleurothotonus ergeben und dabei die Flexoren die Extensoren überwiegen.[1] Diesen Angaben widerspricht GLIKY nach Versuchen, denen ich beigewohnt und deren Richtigkeit ich bestätigen kann. Auf Querschnitten durch das Kaninchengehirn, welche die möglichst isolirte Reizung der eigentlichen Substanz des corpus striatum einerseits und der dasselbe umgebenden weissen Fasermassen andererseits erlaubten, konnte man sich überzeugen, dass im ersten Falle keine Bewegungen entstanden, im anderen dagegen, je nach der Oertlichkeit des Reizes, Bewegungen in einzelnen Muskelgruppen hervorgerufen werden konnten.[2] Man kann zwar sagen, GLIKY's Ströme seien nicht stark genug gewesen, da aber

1 FERRIER, Experimental researches in cerebral physiology and pathol. Med. reports of the West Riding lunatic. asylum. III. p. 95 u. a. anderen Orten.
2 W. GLIKY, Ueber die Wege etc. Meine Beiträge. VII. S. 177.

mit der Zunahme der Stärke dieser jede isolirte Reizung unter diesen Verhältnissen illusorisch wird, so ist es zum mindesten nicht für genügend erwiesen zu achten, dass das corpus striatum electrisch erregbar sei. Als Erfolg einer mechanischen und chemischen Reizung erwähnt NOTHNAGEL [1] die beiden folgenden Erscheinungen. Sticht man bis zu einer nicht näher anzugebenden Tiefe mit einer Nadel in einen Punkt des nucleus caudatus (corpus striatum), welcher nahe dem freien, dem Ventrikel zugekehrten Rande etwa in der Mitte der Länge des genannten Theils liegt, ein, oder injicirt man in diesen Ort eine kleine Menge concentrirter Chromsäure, so beginnt das Thier, Kaninchen, nach kurzer Ruhe, ohne äusseren Reiz zu hüpfen und hastige laufende Bewegungen nach vorn oder in Manègen zu machen, die sich wiederholen, bis endlich das Thier nach kürzerer oder längerer Zeit apathisch und ganz erschöpft am Boden liegt. NOTHNAGEL hat dieser Stelle den Namen des nodus cursorius gegeben. Trifft der Chromsäuretropfen ausser dem Laufknoten noch eine umgebende grössere Partie des nucleus caudatus, dann beobachtet man die angegebenen Erscheinungen nicht, sondern eine Motilitätsstörung, die sich in einer eigenthümlichen Deviation der Beine kund giebt. Lebt das Thier hinlänglich lange, so kann es sich von der Paralyse erholen. CARVILLE und DURET [2] konnten diesen Laufknoten nicht bestätigen. Auf alle Fälle ist die Erscheinung ausserordentlich schwer und unsicher darstellbar. Ich habe mir mit Dr. SCHWAHN viele Mühe gegeben, sie zu sehen. Ohne jemals etwas Befriedigendes gesehen zu haben, standen wir von der Fortsetzung der Versuche ab, da wir uns sagen mussten, dass wir die Versuche so gut gemacht hatten, als es die Beschreibung und Zeichnung NOTHNAGEL's verlangt. Es bedarf daher diese Angabe einer neuen Bearbeitung. Dieselbe erinnert an eine ältere, ähnliche Beobachtung von MAGENDIE, von welcher sie aber wesentlich in dieser Darstellung dadurch unterschieden werden muss, dass MAGENDIE die seine als Folge des Wegfalls der corpora striata, NOTHNAGEL die von ihm beschriebene als Reizungsphänomen ansieht. Jener gab an [3], dass nach der beiderseitigen Abtragung der corpora striata in ihrer gesammten grauen Masse eine zwangsartige Bewegung nach vorn erfolge und erläuterte sich dieselbe durch die Annahme eines vorwärts treibenden Princips im Cerebellum und eines rückwärts treibenden in jenen Körpern, so dass

1 NOTHNAGEL, Experimentelle Untersuchungen über d. Functionen d. Gehirns. Arch. f. pathol. Anat. LVII. S. 184. 209.

2 CARVILLE et DURET, Sur les fonctions des hémisphères cérébraux.

3 MAGENDIE, Journal de physiologie. III. p. 376. 1823.

eines dieser beiden Gebilde, ohne durch das andere contrebalancirt zu sein, seine Wirkung ungestört entfalte. LAFARGUE sah, als er diese Versuche wiederholte, die rapide Vorwärtsbewegung nur bisweilen und fasst sie als die eines gereizten blinden Thieres auf, weil er sie bei Thieren, die er ohne Verletzung des Streifenhügels blendete, mehrmals sah. LONGET [1] hat sie nie deutlich beobachtet, auch wenn er das Thier reizte. SCHIFF [2] berichtet dagegen, dass er sie jedesmal dann eintreten sah, wenn er das Thier reizte und hebt es als eines der ausgesprochensten Resultate der Operation hervor, dass sich das Thier ohne Reiz ganz passiv verhält. Er vermuthet, dass MAGENDIE seine Thiere irgendwie sensibel reizte. Von diesem Punkte abgesehen, sind aber, dies ist anzumerken, SCHIFF's Versuche von denen MAGENDIE's dadurch noch verschieden, dass in den ersteren die Grosshirnlappen vorher abgetragen waren.[3] Bei nur einseitiger Abtragung des Streifenhügels will MAGENDIE eine gewisse Unruhe, SCHIFF nichts Auffallendes gesehen haben. Diesen Exstirpationsversuchen früherer Zeit sind nun noch die neueren von FOURNIÉ und FERRIER zuzufügen. Von den Versuchen CARVILLE's und DURET's, in welchen die Streifenhügel so durchschnitten wurden, dass sowohl die Fasern, welche von den Windungen herabkommen, als auch diejenigen, welche die Verbindungen der Ganglien mit den Hirnschenkelfasern vermitteln, getrennt wurden, glaube ich absehen zu müssen, da ich FERRIER's Meinung nicht theilen kann, es sei eine solche Operation der gänzlichen Zerstörung eines Streifenhügels gleichwerthig[4]; sie wird sich zur Zeit nicht widerspruchslos beweisen lassen. FOURNIÉ erzeugte Verletzungen des intraventriculären Theils des corpus striatum durch Injection einer mit Anilin blaugefärbten concentrirten Chlorzinklösung mittelst einer PRAVAZ'schen Spritze und zwar während der Chloroformnarcose der Thiere (Hunde). Wie schon von mehreren Seiten hervorgehoben worden ist, macht diese Methode nicht den Eindruck der Zuverlässigkeit. Die Ausdehnung der gefärbten Stelle giebt sicherlich nicht die Ausdehnung der Wirkung an. Diese wird durch Imbibition und Resorption weiter reichen, als die mit blossem Auge sichtbare Färbung. Dafür sprechen auch die allmählich sich auf immer mehr Theile erstreckenden Wirkungen, sowie der Eintritt von Erscheinungen, von denen die mechanischen Verletzungen des Streifenhügels niemals eine Andeutung ergaben,

---

1 LONGET, Anatomie et physiologie du syst. nerv. I. p. 515. 1842.
2 SCHIFF, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. I. S. 338 ff. 1858—1859.
3 Ebendaselbst S. 339.
4 FERRIER, Die Functionen des Gehirns. Uebers. v. OBERSTEINER. S. 280. 1879.

wie z. B. Erbrechen, anhaltendes Bellen etc. Man ist daher auch ausser Stande, mit Sicherheit die der reinen Wirkung auf die Streifenhügel folgenden Erscheinungen scharf aus den nicht dahin gehörigen herauszulesen. Ferrier hat den nucleus caudatus nur mechanisch verletzt. Ich halte dafür, dass zur Zeit diese Methode noch die beste ist, nur verlangt sie Vorsicht, Wiederholung und kritische Würdigung der gemachten Verletzungen und der beobachteten Erscheinungen. Die blosse Versicherung, man habe Dies gethan und Jenes beobachtet ist nicht hinreichend, um den Glauben an jene zu befestigen. Wegen der innigen Lagenbeziehung des corpus striatum zu anderen Theilen sind meiner Meinung nach noch mehr als bisher geschehen die Versuche in der Richtung zu variiren, dass man schärfer erkennt, was dem einen oder anderen Theile zukommt. Es will mir scheinen, als ob aus dieser Ueberlegung die vorher erwähnte Versuchsform Schiff's hervorgegangen wäre, vor dem Eingriffe auf die Streifenhügel erst die Grosshirnlappen zu entfernen und als ob man deshalb vermuthungsweise auch sagen könnte, es käme daher der Unterschied zwischen seinen und Magendie's Experimenten. Wir hätten dann in beiden Fällen jene lebhafte Bewegung nach vorn einmal als Folge äusserer Reize, das andere Mal als hervorgegangen aus dem Versuche, sich spontan zu bewegen, welcher nur nicht mehr in normaler Weise gelang. Aber dies sind nur Vermuthungen, denen ich weiter keinen als den Werth beilege, klar zu machen, was ich meine. Um nun auf die Resultate Ferrier's[1] zu kommen, so gehen sie dahin, dass sie dem nucleus caudatus zwar im Allgemeinen motorische Functionen zusprechen, aber bei verschiedenen Thieren in verschiedenem Grade. Beim Menschen und Affen soll die vollständige Zerstörung des Streifenhügels dauernde, beim Hunde vorübergehende Paralyse der gegenüberliegenden Seite geben. Das Kaninchen soll nach derselben Verletzung gleichfalls Parese der contralateralen Glieder zeigen, sich jedoch noch auf den Füssen erhalten und auf Reize fortspringen können. Ferrier sieht den Streifenhügel als einen Hirntheil an, der zu den willkührlich motorischen Bewegungen in ähnlicher Beziehung stehe, wie die sogenannten motorischen Centren der Gehirnrinde zu eben denselben; bei verschiedenen Thiergattungen aber sei die Bedeutung beider Arten von Centren für die Bewegung eine verschiedene. Augenscheinlich bedarf es nach dieser Darstellung noch erneuter Versuche, um die Physiologie des Streifenhügels vollständig aufzuklären. Ueber den als Linsenkern bekannten Theil des cor-

---

1 Ferrier, Die Functionen etc. S. 279 ff.

pus striatum hat meines Wissens bis jetzt nur NOTHNAGEL [1] Versuche angestellt. Diesen zufolge giebt jede mechanische Verletzung des Linsenkerns, gleichgiltig an welcher Stelle, eine motorische Lähmung. Stets findet man, dass sich eine eigenthümliche Deviation der Beine — der entgegengesetzten der Mittellinie zugekehrt, der gleichseitigen nach auswärts — entwickelt. Diese Erscheinungen kommen nach NOTHNAGEL auch nach anderen Hirnläsionen vor; mithin scheint es, als ob in dieser Beziehung von einer specifischen Function des Linsenkerns kaum die Rede sein könne. Verletzungen der Mitte oder des vorderen Theiles des Linsenkerns fügen zu der gedachten Lähmung noch eine Verkrümmung der Wirbelsäule, die Concavität nach der der verletzten Seite entgegengesetzten, hinzu. Ob der Beweis genügend geführt ist, dass es sich hier um eine Lähmung und keine Reizung handle, bleibe dahingestellt; das allmähliche Verschwinden der Erscheinungen ist, falls es sich um Lähmung handelt, noch näher zu erläutern. Von nur einigermassen begründeten Beziehungen der beiden Bestandtheile des corpus striatum zu den Empfindungen ist bislang nichts bekannt geworden.

Es wird nützlich sein, den vorausgegangenen Mittheilungen über das Thatsächliche, welches von den verschiedenen Theilen des Gehirns ausgemittelt worden ist, noch einige Betrachtungen hinzuzufügen, theils um Missverständnisse, die sich leicht einschleichen können, zu vermeiden, theils die Thatsachen und ihre Bedeutung noch einmal in einer condensirteren Form zu überblicken. In unserer Darstellung kam stets eine erste Gruppe von Erfahrungen vor, welche das Verhalten von Thieren enthielten, denen man mehr oder weniger Hirntheile abgetragen, andere gelassen hatte. Man hat sich daran gewöhnt, zu sagen, der Complex von Thätigkeiten, welcher noch besteht, drückt die Function der noch restirenden, der der ausgefallenen, die der abgetragenen Hirntheile aus. Ob diese Gewohnheit ausreichend begründet ist? Wohl mag der erste Theil des Schlusses nicht falsch sein, aber er kann möglicher Weise die Bedeutung der belassenen Theile unvollständig ausdrücken, da denkbar ist, dass ihnen in Verbindung mit den abgetragenen Thätigkeiten zukommen, welche sie einzeln ausser Stande sind, zu vollziehen und wobei sie keineswegs zu Dienern herabzusinken brauchen. Nicht minder ist möglich, dass Das, was wir als Functionen der entfernten Theile ansehen, zum Theil aus der Verknüpfung mit den noch vorhandenen resultirt. Doch hierüber vermögen wir zur Zeit nicht zu entscheiden und wir können

1 NOTHNAGEL, Experimentelle Untersuchungen des Gehirns. Arch. f. pathol. Anat. LVII. S. 184. 206.

unsere Gewohnheit bis auf Weiteres beibehalten. An den verschiedenartigen Präparaten aber beobachteten wir verschiedene motorische Eigenschaften und ausser denselben eigenthümliche Zeichen, die den Eindruck hervorrufen konnten, als seien sie Aeusserungen eines seelischen Princips. Beiden Eigenthümlichkeiten begegneten wir auch bei der zweiten Art der Versuche, die in Läsionen verschiedener Hirntheile bestanden. Die ersteren noch einmal zusammengestellt, und dabei nur diejenigen betont, über welche gar keine, oder nur unbedeutende Differenzen bestehen, so hat sich ergeben: Säugethiere mit bis zur Insertion des Cerebellums hin verlängertem Mark, stossen auf Reize einen kurzen Schrei aus, solche mit bis Brücke und Vierhügeln hin incl. erhaltener Cerebrospinalaxe lassen unter denselben Umständen einen längeren Schrei hören und wiederholen ihn zuweilen. Frösche mit incl. des Cerebellums verlängertem Mark streben stets mit Erfolg aus der Rückenlage in die Bauchlage und entfliehen langsam bis zu gegen 28 ° R. erwärmtem Wasser, wozu der nur noch mit Rückenmark versehene Frosch keinen Versuch macht. Frösche, deren Hirn vor den Thalami quer getrennt ist, entgehen sicher durch entsprechende Bewegungen unsicheren Gleichgewichtslagen auf schiefen Ebenen. Weniger sicher thun sie dies, wenn ein Schnitt die Thalami von den Lobi optici trennte und gar nicht mehr, falls die Trennung hinter den letzteren vorgenommen wird. Weiterhin kommen sie, unter Wasser getaucht, selbst unter sehr verwickelten Verhältnissen, an die freie Wasseroberfläche, um Athem zu schöpfen. Säugethiere, Vögel und Frösche haben noch Gesichtswahrnehmungen, wenn das Grosshirn abgetragen wird und verlieren sie bei Zerstörung der Seh- und Vierhügel. Minder sicher, wenn auch durch mehre Versuche angedeutet, ist die Existenz anderer Sinneswahrnehmungen bei gleicher Verstümmelung. Es fragt sich, wie weit ist der Eindruck, den wir durch solche Zeichen von noch bestehendem Seelenleben bei Thieren mit verschiedenartig verstümmeltem Gehirn erhalten, zu einer wissenschaftlichen Ueberzeugung umzugestalten? Für Thiere, denen nur die Grosshirnhemisphären abgetragen worden sind, werden wir in der Thatsache, dass sie noch sehen und ihre Bewegungen augenscheinlich nach diesen Wahrnehmungen einrichten, kaum leugnen, dass sie noch Seelenthätigkeiten entwickeln; da wir von solchem Benehmen ohne die letzteren keine genügende Vorstellung haben. Um die Existenz von Seelenthätigkeiten solcher physiologischer Objecte darzuthun brauchte man demnach keinen weiteren Beweis. Doch ist's nicht überflüssig, zu bemerken, dass in den Versuchen, die unsere Präparate machen, unsichern Gleichgewichtslagen zu entgehen, sich

gleichfalls das Vorhandensein von Seelenthätigkeiten noch ausspricht. Wenn der grosshirnlose Frosch auf einer schiefen Ebene erhoben wird, so sehen wir ihn dabei so sehr zweckentsprechende Bewegungen und diese so andauernd machen, dass für unsere Vorstellung von der Entstehung derselben die gegenwärtigen Begriffe der Reflexbewegungen nicht ausreichen, und wir müssen schliessen, dass das Thier eine Art Vorstellung von seiner unsichern Lage habe. Ueber die Versuche zum Athemholen solcher Thiere als die Existenz von Seelenthätigkeiten beweisend, kann gestritten werden. Diese sichern Reste seelischer Thätigkeit werden in den Gegenden der Seh- und Zweihügel ausgeübt; denn nach einem Querschnitt hinter den letzteren schwinden sie. Wie steht es aber mit den etwaigen Seelenthätigkeiten solcher Präparate, welche nur noch aus der Brückengegend, dem Cerebellum und dem verlängerten Mark bestehen? Zur Zeit lässt sich keine andere Antwort geben, als die, dass die Reactionen solcher auf Seelenthätigkeiten unsicher sind und mit überzeugender Bestimmtheit weder in dem einen noch anderen Sinn sprechen. Solche Thiere stossen zwar auf Reize einen kurzen Schrei aus, verhalten sich Temperaturen gegenüber eigenthümlich, nehmen stets die Bauchlage ein u. dgl. Aber die sämmtlichen da vorkommenden Bewegungen sind sehr einfacher Natur und von so wenig Umständen begleitet, die ausreichende Anhaltspunkte für das Bestehen von Seelenthätigkeiten liefern könnten. Besonders beachtenswerth für die Meinung, dass bereits im verlängerten Mark die Bildung der Seelenthätigkeit beginne, sind die beiden letzten der eben genannten Erscheinungen, da diese Bewegungen durch Empfindungen hervorgerufen scheinen; aber bei einigem Zwang kann man sogar auch bei ihnen die Seelenthätigkeiten wegdisputiren. Es bleibt allerdings daher mehr dem Geschmack des Einzelnen überlassen, wie er sich zu dieser Angelegenheit stellen will, und es scheint mir von keinem besonderen Nutzen zu sein, zu Gunsten der einen oder anderen Meinung Erwägungen vorzuführen, bei denen der Wärme und Poesie der Darstellung eine grössere Bedeutung als der ruhigen Reflexion zufällt. Was die dem Gehirn eigenthümlichen Bewegungsmechanismen anlangt, selbstverständlich hier nur diejenigen in Betracht gezogen, welche auf die willkührlichen Bewegungen Bezug haben, so sind diese auf dem Raume vom untersten Ende des verlängerten Marks bis incl. der Thalami angebracht. Dieselben sind durch die folgenden Eigenschaften charakterisirt. Einer spontanen Anregung sind dieselben nicht fähig, sie lassen sich aber anregen durch die Reizung peripherer Nerven und durch directen Eingriff. Je vollständiger sie noch vorhanden sind, desto unzweifelhaftere Spuren

von Sinnesthätigkeiten sind auch noch bemerkbar. In wieweit sich diese Verknüpfung lockern lässt, wissen wir zur Zeit nicht. Es wäre jedenfalls interessant, zu versuchen, ob es gelingen möchte durch centrale Verletzung etwa den Frosch der Reste seines Gesichts und der Vorstellungen von seiner Körperlage zu berauben mit wesentlicher Beibehaltung seines Vermögens der Sprungbewegung. Wie sich aus den mitgetheilten Versuchen ergibt, sind bei allen Wirbelthieren im Grossen und Ganzen die Mechanismen, welche der Ortsbewegung dienen, vorzugsweise im vorderen Theile der genannten Gegend, also in der der Vierhügel, diejenigen zur Erhaltung des aufrechten natürlichen Standes und des Gleichgewichtes in der Gegend der Brücke, des Kleinhirns und verlängerten Marks localisirt. Scharfe Grenzlinien scheinen kaum zwischen beiden Abschnitten zu bestehen und bei den verschiedenen Thieren scheinen Verschiedenheiten vorhanden zu sein. Bei Anwesenheit beider Abtheilungen machen die Thiere noch Ortsbewegungen, ist die hintere nur noch allein vorhanden, so kommt es zu solchen nicht, es treten dann nur Gliederbewegungen auf, die in vielen Fällen complicirter und von längerer Dauer, als die durch das Rückenmark vermittelten Reflexe sind. Greift man die motorischen Centren direct mechanisch an, so sind die Erfolge andere, als wenn man das Rückenmark direct erregt. Vor allen Dingen sind die sogenannten Zwangsbewegungen bei einseitigem Eingriff in jene dem Gehirn so eigenthümlich, dass eine einseitige Verletzung des Rückenmarks nie zu derartigen Bewegungen führt. Beim Gehirn aber treten sie vom verlängerten Mark an, wie es scheint ohne Unterbrechung bis zu den Sehhügeln in der einen oder anderen Form auf. Sehr oft gelingt es, dieselben, nachdem sie central angeregt, verschwunden sind, durch peripherische Erregungen wieder auf kurze Zeit hervorzurufen. Es mag sein, dass in einzelnen Fällen Einflüsse vom Grosshirn mit dabei im Spiel sind, da sie aber nach vorgängiger Abtragung des Grosshirns in derselben Weise hervorgerufen werden können, so ist wohl die Annahme natürlicher, dass sie einer eigenthümlichen Erregung der motorischen Mechanismen selbst ihren Ursprung verdanken. Die Entstehung durch peripherische Ursachen wäre dann so aufzufassen, dass dieselben nicht mehr den integren motorischen Mechanismus zu seiner normalen Thätigkeit, sondern den anatomisch und physiologisch gestörten anregen. Offenbar müssen aber jene Mechanismen in einer ganz besonderen Form angeregt werden; denn nicht jede beliebige Erregung erzeugt sie; es können auch andere Effecte, wie das oben ausführlich erörtert worden ist, auftreten. Zurückweisen lässt sich dabei die Annahme aller-

dings nicht, dass dabei auch den etwa noch bestehenden Empfindungen dienende Vorrichtungen mit im Spiele seien. So gibt Hitzig[1] von den Zwangsbewegungen die Erklärung, wenigstens für die durch Verletzung von Theilen des Kleinhirns entstehenden, dass er meint, die Zwangsbewegung sei eine willkührliche zur Aufrechthaltung des scheinbar gestörten Gleichgewichts, indem durch die Operation das Thier den Eindruck bekomme, als läge es auf der unverletzten Seite und mache nun eine Bewegung, das scheinbar gestörte Gleichgewicht aufrecht zu erhalten. Man kann zwar an dem Ausdruck willkührlich Anstoss nehmen, weil die Zwangsbewegungen auch nach Abtragung der Hemisphären darstellbar sind, aber es genügt, damit die Vorstellung zu verbinden, die wir uns von den Bewegungen machen, die der grosshirnlose Frosch bei der Kenntniss seiner unsichern Lage bei seinen Kletterversuchen ausführt. Es kommen aber auch Zwangsbewegungen bei der Verletzung des verlängerten Marks vor, wo keine Beweise vorliegen, dass noch Vorstellungen durch diesen Theil erzeugt werden können. Auf alle Fälle sind unsere Einsichten in diese motorischen Mechanismen zur Zeit nicht der Rede werth. Wir wissen von ihnen nur, wo sie im Allgemeinen gelegen sind und können uns vorstellen, wie sie vom Willen benutzt werden können, die ausserordentlich complicirten Locomotionsbewegungen etc. auf eine leichte Art hervorzubringen, aber, wie im einzelnen Fall aus der Mannigfaltigkeit derselben mit derselben Leichtigkeit eine einzelne wieder herausgegriffen werden kann und wie sogar innerhalb dieses Wirrsals von Verkettungen die Bewegung eines einzelnen Muskels ohne die geringste Mühe ermöglicht ist, übersteigt unsere Begriffe.

Es fällt vielleicht auf, dass ich in diesem Kapitel so viele Versuche zweifelhaften Resultates und ausgeprägten Widerspruchs vorgeführt habe. Dies geschah in der Absicht, um dem Leser die Richtungen vollständig vorzuführen, in denen die Bearbeitung dieses unklaren Gebietes angestrebt worden ist. Wir Physiologen bedauern zwar, dass wir zur Zeit noch nichts Besseres geben können, aber wir verzagen nicht. Wir entnehmen daraus Veranlassung zu neuem Eifer, um so mehr, als wir wissen, dass es von jeher der Gang inductiver Forschung war, durch Unklarheit und Verwirrung hindurch sich zur Klarheit emporzuarbeiten. Auf keinem Gebiete der Naturforschung war es je anders. Der Hirnphysiologie ist eine ganz besonders schwere Aufgabe geworden. Höchste Zartheit, Vergänglich-

---

1 Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. S. 269. 1874.

keit und Complicirtheit sind die Eigenschaften des Mechanismus, den wir aufklären sollen; kein Wunder, dass es so langsam vorwärts geht. Nur der Unkundige und Unverständige kann es tadeln, dass es nicht anders ist.

FÜNFTES CAPITEL.

Das Cerebrospinalorgan als Leitungsorgan der Innervationsvorgänge.

Einleitung.

Wenn von diesem Gegenstand die Rede ist, so haben wir in der Regel nur die Topographie der Wege im Sinne, auf welchen sich irgendwo erregte Innervationsvorgänge bewegen und unwillkührlich verbindet sich damit die Vorstellung, als schritten jene innerhalb des Rückenmarks und Gehirns überall gleichmässig, wie in einem isotropen Mittel fort. Diese Vorstellung ist jedoch irrig; die Physiologie weiss, dass eine solche Gleichmässigkeit der Verbreitung der Innervationsvorgänge nur auf gewissen Strecken bestehen kann; sie kennt eine Reihe von Thatsachen, aus denen hervorgeht, dass im Verlaufe der Innervationswege stellenweise sich Einrichtungen vorfinden müssen, in denen jene Gleichmässigkeit unterbrochen ist. Wohl mangelt es uns zur Zeit noch an einer vollständigen Einsicht in die Natur derselben, aber die Beweise der Existenz derselben sind zu erbringen. In der allgemeinen Physiologie der Ganglienzelle sind dieselben bereits kurz angedeutet worden; hier sind sie noch etwas näher zu besprechen.

Der eine derselben ist in der zeitlichen Verzögerung gegeben, welche die Fortschreitung des Innervationsvorganges während seines Verlaufes durch Gehirn und Rückenmark erleidet, verglichen mit der Schnelligkeit desselben in den peripherischen Nerven. So sagen es wenigstens diejenigen Versuche aus, zu denen man wegen der umsichtigen und kritischen Art, mit der sie angestellt worden sind, das meiste Vertrauen haben kann und welche am wenigsten mit anderen neurologischen Erfahrungen in Widerspruch kommen. Um die Fortpflanzungsgeschwindigkeit in den sensiblen Bahnen des Rückenmarks des Menschen zu bestimmen, mass EXNER[1]

---

1 SIGM. EXNER, Ueber die persönliche Gleichung. Arch. f. d. ges. Physiol. VII. S. 632. 1873.

einerseits die Zeit, welche verfloss vom Moment eines Reizes, welcher eine Zehe des linken Fusses traf, bis zu einer willkührlichen Bewegung, welche die rechte Hand ausführte, sobald der Reiz zum Bewusstsein kam, andererseits die analoge Zeit, welche verging von dem Moment, in welchem derselbe Reiz einen Finger der linken Hand traf, bis zu derselben Bewegung mit der rechten Hand. Die Differenz beider Reactionszeiten konnte nach Abzug Dessen, was auf die längere sensitive Bahn der Beinnerven kommt, nur begründet sein in der grösseren Wegstrecke, welche der sensible Innervationsvorgang im ersteren Falle innerhalb des Rückenmarks zu durchlaufen hatte, da die sämmtlichen übrigen Umstände in beiden Versuchsarten dieselben waren. Unter Zuhilfenahme der gemessenen Entfernung zwischen Lenden- und Halsanschwellung hat Exner für die sensible Leitung im Rückenmark eine Geschwindigkeit von ca. 8 Metern in der Secunde abgeleitet. Für den Menschen hat Exner bei Gelegenheit dieser Untersuchung auch die motorische Leitung im Rückenmark auf ihren zeitlichen Verlauf geprüft. Nach zwei verschiedenen, daselbst nachzusehenden Methoden fand er 11—12 und 14—15 Meter Fortpflanzungsgeschwindigkeit in der Secunde mit möglichen Fehlern von einigen Metern. Auch am Frosch hat Verf.[1] experimentirt. Er kommt dabei bezüglich der motorischen Leitung zu dem Resultat, dass im Grosshirn erzeugte Innervationsvorgänge in diesem, dem Mittelhirn und dem verlängerten Mark stärkere Verzögerungen als im Rückenmark erleiden, dieselben in letzterem aber immerhin noch merkbar genug sind, um als eine Eigenschaft des Rückenmarks gegenüber den motorischen Nerven hervorgehoben zu werden. Die Abnahme der Verzögerung soll ausserdem am Mittelhirn und am Austritt der Nerven am Rückenmark schneller, als an anderen Stellen geschehen. Ich glaube, dass die am Frosch gewonnenen Resultate in ihrem ganzen Umfang mit einiger Vorsicht aufzunehmen sind. Herr Exner ist nicht immer positiv genug und die Erfahrung, dass die electrischen Erregungen des Grosshirns ihm nur manchmal Bewegungen[2] ergeben haben, kann Zweifel erregen, ob in diesen Fällen die Innervationsvorgänge wirklich die Weglängen durchlaufen haben, welche in Rechnung gezogen worden sind. Absolute Werthe für die

---

1 Sigm. Exner, Ueb. Reflexzeit u. Rückenmarksleitung. Arch. f. d. ges. Physiol. VIII. S. 532. 1874.

2 Ich weiss recht gut, dass O. Langendorff: Ueber die electr. Erregbarkeit d. Grosshirnhemisph. d. Frosches. Centralbl. f. d. med. Wiss. S. 945. 1876 angibt, eine motorische Zone am parietalen Theile des Froschhirns aufgefunden zu haben; ich selbst aber habe mich nicht befriedigend von der Richtigkeit dieser Angabe überzeugen können.

Fortpflanzungszeit der motorischen Leitung im Rückenmark des Frosches hat CYON[1] gegeben. Er hat das Rückenmark direct erregt und dabei den sehr geringen Werth von 1—3 Metern in der Secunde gefunden. Ist den Angaben BURCKHARDT's[2], der übrigens die motorische Leitung im Rückenmark des Menschen nicht wesentlich anders als EXNER, nämlich zu 8—14 Meter in der Secunde fand, Vertrauen zu schenken, so würden sich die den Tasteindrücken entsprechenden Innervationsvorgänge schneller, als solche, welche der Fortpflanzung der Schmerzeindrücke dienen, bewegen. Für die ersteren gibt er 27—50, für die letzteren nur 8—14 Meter Geschwindigkeit für die Secunde. Sehr verschieden von diesen mässigen Werthen sind die Angaben von BLOCH[3] für die sensible Leitung im Rückenmark des Menschen von 194 Meter in der Secunde. Ob diese bedeutende Abweichung in einigen unbewiesenen Annahmen liegt, die der Verf. macht, oder einen anderen Grund hat, mag unerörtert bleiben. Ungewöhnliche Verzögerungen des Fortschreitens sensibler Innervationsvorgänge sind bei Menschen und Thieren bei Erkrankungen der hinteren Stränge, oder absichtlichen Verletzungen derselben bekannt geworden. Auch bei diesen Gelegenheiten hat man wahrgenommen, dass bisweilen die Eindrücke des Schmerzes merklich später als die der Berührung zum Bewusstsein kommen.[4] Dass übrigens die Tragweite der aus Beobachtungen dieser Art gezogenen Schlüsse durch unsere Unkenntniss von der wahren Länge der Nervenwege innerhalb des Rückenmarks sehr beeinträchtigt wird, habe ich schon oben S. 21 angemerkt.

Die zweite Erfahrung, aus welcher hervorgeht, dass die Fortbewegung der Innervationsvorgänge in Gehirn und Rückenmark, wenigstens der motorischen, nicht genau so wie in den peripherischen Nerven geschieht, besteht, wie oben bereits erwähnt, in der zuerst von du BOIS-REYMOND[5] gemachten Beobachtung, dass die directe Erregung des Rückenmarks mit Inductionsströmen einen Muskelton von geringerer Schwingungszahl giebt, als man nach der Zahl der ersteren erwarten müsste, wenn es sich im Rückenmark um die reine Erregung der ungeänderten Fortsetzungen der peripherischen, motorischen Nerven handelte, da bekanntlich diese bei electrischer Reizung durch

1 CYON, Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit d. Erregung im Rückenmark. Bull. de l'acad. etc. de St. Petersb. XIX. p. 344. 187.

2 G. BURCKHARDT, Die physiologische Diagnostik d. Nervenkrankheiten. Leipzig 1875.

3 A. BLOCH, Expériences sur la vitesse du courant nerveux sensitif de l'homme. Archiv. d. physiol. norm. et pathol. 1875. S. 583.

4 E. LEYDEN, Klinik der Rückenmarkskrankheiten. I. p. 145.

5 DU BOIS-REYMOND, Monatsberichte der Berliner Akad. 31. März 1859.

Inductionsströme einen Muskelton geben, dessen Höhe der Zahl der Inductionsstösse entspricht. Für die willkührlich tetanisirten Muskeln ist später von HELMHOLTZ[1] die Schwingungszahl 19 gefunden worden, obschon dem hörbaren Muskelton die doppelte Schwingungszahl zukommt. Als derselbe ferner bei Kaninchen und Fröschen das Rückenmark durch einen 120 Schwingungen gebenden Inductionsapparat erregte und mitschwingende Federn zweckmässig anlegte, schwangen diese deutlich mit, wenn sie auf 16—18 Schwingungen eingestellt wurden. Diese Erfahrungen sagen aus, dass die willkührlich erregten Muskelnerven in dieselben Erregungszustände verfallen, wie die, welche durch electrische Tetanisirung des Rückenmarks erzeugt werden und zugleich, dass in den Centraltheilen man es nicht mit Nervenwegen von so einfacher Natur zu thun hat, wie in den peripherischen Nerven. Es lohnte sich wohl der Mühe die Methoden über diesen Gegenstand feiner auszubilden, das Rückenmark an verschiedenen Stellen zu erregen und daraus Rückschlüsse auf den physischen Bau des ersteren zu versuchen. Ebenso wäre es noch interessant zu erfahren, ob das Cerebrospinalorgan auch umgekehrt die Fähigkeit hat, niedere Schwingungszahlen künstlicher Erregungen in höhere zu verwandeln, obschon dies wenig wahrscheinlich ist. —

Indem wir uns nun der Betrachtung der Topographie der Nervenwege innerhalb des Gehirns und Rückenmarks zuwenden, ist zu bemerken, dass unsere Kenntnisse über diesen Gegenstand noch ausserordentlich mangelhaft sind. Die meiste Aufmerksamkeit hat man bisher der Erforschung der Lage der willkührlich motorischen und bewusst sensiblen Bahnen zugewandt; erst in der neueren Zeit hat man auch die der Gefäss- und anderer Nerven in Betracht gezogen; in den älteren Arbeiten finden sich kaum Andeutungen über die letzteren.

Methoden.

Mit Hilfe des Microscops ist ausserordentlich wenig über die Lagerung der Innervationswege zu erfahren. Ohne vorbereitende experimentelle Erfahrung deckt es weder den Verlauf einer motorischen noch sensibeln oder anderen Nervenfaser auf; denn bis jetzt ist kein verlässlicher microscopischer Unterschied der verschiedenen Nervenfasergattungen ausserhalb oder innerhalb der Centralorgane bekannt. Selbst für den Fall, dass man es mit jenem unternimmt, die ausserhalb jener durch irgend eine Erfahrung ihrer physiologi-

1 HELMHOLTZ, Ueber den Muskelton. Verhandl. d. naturh. Vereins zu Heidelberg. IV. S. 89. 1868.

schen Natur nach gekennzeichnete Nervenfaser innerhalb des Marks zu verfolgen, wird der Verlauf derselben immer nur auf kurze Strecken erschlossen. In einzelnen Fällen aber kann ein solches Bruchstück von hohem Werth sein, und die Physiologie wird sich dieses obschon hier mangelhaften Hilfsmittels nicht begeben.[1] Die experimentelle Prüfung bedient sich entweder der Durchschneidung, zu welcher auch die beim Menschen nach gewissen Hirn- und Rückenmarksverletzungen beobachteten Lähmungserscheinungen zu rechnen sind, oder der Methode der Reizung. So unverfänglich diese beiden Verfahrungsarten scheinen, so viel Vorsicht verlangt ihre Anwendung. Hirn und Rückenmark sind nicht einfach neben einander gelegte Innervationswege und der Erfolg an ihnen vorgenommener Trennungen und Reizungen muss mit Sachkenntniss interpretirt werden. Insbesondere sind die nach Durchschneidungen fortbestehenden Bewegungen oder anscheinlichen Zeichen von Empfindungen wegen der Reflexphänomene mit Mühe auszudeuten und oft lässt sich gar kein Entscheid darüber treffen, ob es sich dabei um durch das bewusste Gehirn vermittelte Erscheinungen oder um einen Reflex handelt. Viele der älteren Versuche, die einer scharfen Kritik nicht unterzogen worden sind, haben wenn nicht allen, so doch den grössten Theil ihres angeblichen Werthes eingebüsst. Freilich wächst die Kritik auch erst mit der Einsicht in die Natur eines Gegenstandes und es haben viele Versuche, denen wir heute die Beweisfähigkeit für eine gewisse Lehre absprechen müssen, immerhin dazu beigetragen, die ersten Anfänge zu gewinnen. Auch bei der Bestimmung der Lage der der Innervation der Gefässe dienenden Wege ist die empfohlene Strenge am Ort. Die Gefässnervencentren sind zerstreut, sie sind von den verschiedensten Seiten her reflectorisch erregbar, sie sind unter sich verknüpft, sie sind von verschiedener Wirkungsweise. Die Beurtheilung, was die Folgen eines Durchschneidungsversuches des Rückenmarks an dem Gefässsysteme in Bezug auf die Lagerung von Gefässinnervationswegen aussagt, ist also auch hier vorsichtig zu erwägen. Auch die Methode der Reizung hat in der hier vorliegenden Anwendung ihre Tücken. Es ist ein erstes Erforderniss, allzeit die Regeln lebendig präsent zu haben, welche die Physiologie für die electrischen Reizmethoden durch harte Erfahrungen nach und nach kennen gelernt hat und weiterhin daran zu denken, dass man es beim Rückenmark und Gehirn mit körperlichen Leitern zu thun hat, bei denen es nur durch besondere Vorsichtsmassregeln gelingt,

1 Vergl. hierzu die letzten Abschnitte dieses Capitels.

die wirksamen Stromfractionen auf die Bahnen einzuengen, die man prüfen will. Andere Reizmethoden verlangen aus anderen, sich von selbst verstehenden Rücksichten, dass man die Eilfertigkeit meide. Vor allen Dingen aber ist zu bedenken, dass in der Nervenphysiologie eine Lehre existirt, nach welcher Hirn und Rückenmark, allerdings mit gewissen Einschränkungen, durch direct auf diese einwirkende, künstliche Reize nicht erregbar sein sollen. Es ist hier der Ort, von dem jetzigen Stand derselben Kenntniss zu nehmen.

Erregbarkeit des Gehirns und Rückenmarks durch directe Reize.

Ein Theil dieses Punktes fällt dem Bearbeiter des Artikels Grosshirnrinde in unserem Buche zu. Hier muss das Wesentlichste des auf das Rückenmark sich beziehenden Theiles dieser Lehre eine Stelle finden. Ich bemerke, dass von der Zeit an, wo die experimentellen Arbeiten über das Rückenmark anfingen, bis in die 40er Jahre dieses Jahrhunderts hinein, die Physiologen in ihren Arbeiten über das Rückenmark sich so benehmen, als sei die directe Erregbarkeit der Rückenmarkssubstanz eine nicht zu bezweifelnde Sache, obschon sie Veranlassung hatten, eine besondere Prüfung darüber vorzunehmen, da ihnen nicht unbekannt sein konnte, dass bereits ARISTOTELES und der ihnen näher liegende HUMBOLDT dem Gehirn eine directe Erregbarkeit absprachen, während Beobachter aus der Zeit HALLER's ihm diese Eigenschaft zuertheilten. Im Jahre 1841 behauptete zuerst VAN DEEN [1] die Nichterregbarkeit der Rückenmarkssubstanz durch künstliche Reize, die Physiologen der damaligen Zeit schienen diesen Angaben jedoch keinen Glauben beizumessen.[2] Nur SCHIFF [3] schloss sich, wenn auch mit gewissen Modificationen, dieser Lehre schon früh an. Nach diesem Physiologen sind die hinteren grauen Stränge und diejenigen Bestandtheile der hinteren weissen, welche nicht directe Fortsetzungen der Nervenwurzeln darstellen, allerdings fähig, die den Empfindungen dienenden Innervationsvorgänge fortzupflanzen, es können aber die letzteren nicht durch unsere gewöhnlichen, künstlichen Reizmittel direct in ihnen

1 Ich citire hierzu nur: J. VAN DEEN, Ueber d. Gefühllosigkeit d. Rückenmarks für fremde Einflüsse. Molesch. Unters. VI. S. 297. 1859; Ueber die Unempfindlichkeit der Cerebrospinalcentra für electrische Reize. Ebendas. VII. S. 280. 1860. In beiden Abhandlungen finden sich die früheren Publicationen VAN DEEN's zusammengestellt.

2 Vergl. BISCHOFF in seinem Jahresberichte der Physiologie für 1843 im Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 122. 1844.

3 An mehreren Orten seit 1853, besonders in seinem Lehrbuch der Physiologie des Menschen. I. S. 238. 286. 1858—59.

erregt werden. Diese Bestandtheile des Rückenmarks werden als ästhesodische Substanz bezeichnet. Für die vorderen grauen Stränge und diejenigen Strecken der weissen vorderen Stränge, welche nicht directe Fortsetzungen der vorderen Wurzeln sind, macht er eine analoge Angabe bezüglich der Bewegung und nennt diese Substanz die kinesodische. Seit jener Zeit, insbesondere seit der letzten Publication von VAN DEEN ist dieser Gegenstand von einer Anzahl jüngerer Forscher vorgenommen worden, aber man kann kaum sagen, dass eine Uebereinstimmung erzielt wäre. Wenn in wissenschaftlichen Dingen durch Stimmenmehrheit zu entscheiden wäre, so würde die Partei VAN DEEN in der Majorität sein. Da ich die Literatur[1] über diesen Gegenstand unten möglichst vollständig verzeichnet habe, so wird ein genaueres Eingehen auf die Arbeiten im einzelnen kaum nöthig sein; ich füge nur noch einige Bemerkungen hinzu. Die fragliche Lehre ist ursprünglich nur in Bezug auf die willkührlich motorischen und bewusst sensiblen Innervationsvorgänge aufgestellt worden. Wenn in einzelnen Arbeiten andere Innervationen vorkommen, so zählen diese streng genommen bei der Prüfung jener auf ihre Richtigkeit nicht mit. Es liegen hierüber einige Angaben von BUDGE[2] und DITTMAR[3] vor. Zufolge der Untersuchungen des ersteren gab bei Säugethieren die electrische Erregung der

---

1 A. CHAUVEAU, De l'excitabilité de la moëlle épinière etc. Journ. d. l. physiol. IV. p. 29. 338. 369. 1861; VULPIAN, Leçons sur la physiologie générale et comparée du système nerveux, par Bremonde. Paris 1866. Leçon XVI. Nur die graue Substanz des Rückenmarks ist der Einwirkung künstlicher Reize nicht mit Erfolg zugänglich; SANDERS, Geleidingsbahnen in het ruggemerg voor de gevoelsindrukken. Groningen 1866. Findet bei Fröschen, Tauben, Kaninchen etc. mit CHAUVEAU, dass die Longitudinalfasern der Hinterstränge unerregbar sind; P. GUTTMANN, Ueber die Empfindlichkeit des Gehirns und Rückenmarks für mechanische, chemische und electrische Reize. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1866. S. 134. Selbst nach der Einverleibung von Strychnin zeigt sich das Mark noch nicht erregbar durch mechanische und electrische Reize; H. ENGELKEN u. A. FICK, Ueber die Empfindlichkeit des Rückenmarks gegen electrische Reize. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1867. S. 198. Gegen VAN DEEN; S. MAYER, Ueber die Unempfindlichkeit der vord. Rückenmarksstränge. Arch. f. d. ges. Physiol. I. S. 166. 1868. Gegen ENGELKEN, indem er meint, es handle sich in dessen Versuchen um reflectirte Bewegungen; A. FICK, Ueber die Reizbarkeit der vorderen Rückenmarksstränge. Arch. f. d. ges. Physiol. II. S. 414. 1869; ALADOFF, Ueber die Erregbarkeit einiger Partien des Rückenmarks. Bull. de l'acad. imp. des scienc. de St. Petersb. VII. 1869; HUIZINGA, Die Unerregbarkeit der vorderen Rückenmarksstränge. Arch. f. d. ges. Physiol. III. S. 81. 1870. Für VAN DEEN; MUMM, Ueber die Reizbarkeit der vord. Rückenmarksstränge. Berl. kl. Wochenschr. 1870. S. 8. Desgleichen; WOLSKI, Zur Frage über die Unempfindlichkeit des Rückenmarks gegen äussere Reize. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. V. S. 290. 1872. Desgleichen; GIANNUZZI, Contribuzione alla conoscenza dell' eccitabilità etc. Ricerche eseguite nel gabinetto di fisiologia etc. di Siena 1872. p. 8. Schliesst sich mehr an Vulpian an.

2 J. BUDGE, Ueber die Reizbarkeit der vorderen Rückenmarksstränge. Arch. f. d. ges. Physiol. II. S. 511. 1869.

3 C. DITTMAR, Ein neuer Beweis für die Reizbarkeit der centripetalen Fasern des Rückenmarks. Ber. d. sächs. Ges. der Wiss. 4. März 1870.

Vorderstränge Contractionen in der Blase; diese fehlten, wenn man die Vorderstränge eine Strecke abtrug und oberhalb dieser Stelle reizte. DITTMAR trennte das quer durchschnittene Rückenmark der Länge nach in zwei Theile; der eine derselben umfasste vorzugsweise die Hinterstränge, der andere den Rest. Nachdem er die vorderen Wurzeln des letzteren durchschnitten, reizte er denselben isolirt. Ein stromprüfender Froschschenkel sicherte die Annahme, dass sich merkbare Stromschleifen nicht zu anderen Theilen hin abzweigten. Man beobachtete dabei Drucksteigerung in der Carotis und der Verf. schliesst, dass direct erregbare centripetalleitende Elemente im Rückenmark liegen, durch welche reflectorisch von der medulla oblongata aus die Gefässe erregt werden. Was nun VAN DEEN's Lehre in ihrer ursprünglichen Fassung anlangt, so ist nach den Erfahrungen, welche wir mittlerweile über die Reizbarkeit des Gehirns gemacht haben, es, wie SCHIFF angibt, ganz gut denkbar, dass gewisse Theile des Marks gar keinen sichtbaren Erfolg bei directer Reizung geben, während andere es thun. Die Prüfung stösst aber hier auf viel grössere Schwierigkeiten, als beim Gehirn; diese liegen in der Anwesenheit der an der ganzen Länge des Rückenmarks im Ganzen in geringen Entfernungen von einander angebrachten beiden Nervenwurzelarten, so dass es nicht für Jedermann leicht überzeugend darzuthun ist, dass die Reize eine sensible und motorische Wurzel nicht treffen und dadurch Reflexe oder directe Bewegungen hervorrufen. Die Gegner der Lehre VAN DEEN's bestehen nun aber gerade oft auf der Anwendung stärkerer Reize, für welche die angegebene Gefahr entsprechend grösser wird. Uebrigens sind auch die Thatsachen, welche in der Lehre von den Hemmungsmechanismen der Reflexe mitgetheilt worden sind, sowie diejenigen, welche hernach über Hyperästhesie und Hyperkinesie noch besprochen werden, Momente, welche die aus den Versuchen zu ziehenden Schlüsse unsicher machen. Es ist auffallend, dass noch Niemand die Versuche auf das untere Stück des Rückenmarks des Frosches angewandt hat, welches bekanntlich von einer gewissen Stelle an unfähig ist, Reflexbewegungen auszulösen und doch noch lang genug, um nach Durchschneidung aller Nervenwurzeln bis etwa auf die letzte und vorletzte vorwurfsfrei gereizt werden zu können. Nach den oben erwähnten Versuchen von A. FICK und DITTMAR scheint man gegenwärtig nicht abgeneigt, die Lehre VAN DEEN's aufzugeben; insbesondere sich auch nicht daran zu stossen, dass die directe Erregung der Vorderstränge nicht immer oder gar nicht solche Zuckungen giebt, wie die Reizung peripherischer Nerven, sondern solche, bei denen verschiedene Mus-

kelgruppen ungleichzeitig sich bewegen. Ob man sich dieser Ansicht schon jetzt ganz vertrauensvoll hingeben darf, scheint mir nach Dem, was ich gelegentlich gesehen habe, fraglich. Mag das Resultat der weiteren Untersuchung über die directe Erregbarkeit des Rückenmarks und Gehirns ausfallen, wie es will, so viel geht aus den bisherigen Versuchen hervor, dass die Methode, durch directe Reizung der Substanz des Rückenmarks die Anordnung der Nervenwege in diesem zu ermitteln, zur Zeit kein grosses Vertrauen verdient, dagegen kann die Reizung derjenigen singulären Punkte des Gehirns, die bei ihrer Reizung unabänderlich dasselbe Resultat erzeugen, unter gewissen Voraussetzungen dazu dienen, über die Anordnung der motorischen Nervenwege innerhalb des Cerebrospinalorgans einigen Aufschluss zu geben und komme ich am passenden Ort auf diese Untersuchungsmethode des Näheren noch zu sprechen.

I. Verlauf der motorischen und sensiblen Innervationswege im Rückenmark.

Ich kehre zur Frage zurück: Was ist über die Topographie der willkürlich motorischen und sensiblen Nervenwege innerhalb des Cerebrospinalorgans mit grösserer oder geringerer Sicherheit bekannt? Dass das Rückenmark und kein anderer Theil des Körpers es ist, durch welchen die Wege der sensiblen und motorischen Innervationsvorgänge führen, hat zuerst GALEN [1] bewiesen. Er durchschnitt bei jungen Schweinen das Rückenmark der Quere nach und beobachtete Verlust der Motilität und Sensibilität in den Theilen, die ihre Nerven unterhalb der Schnittstelle vom Rückenmark erhalten. Von der Anordnung der Wege, auf welchen die jenen Eigenschaften zu Grunde liegenden Vorgänge sich fortpflanzen, gab er nur das eine Merkmal an, dass die auf eine Körperseite sich beziehenden in der correspondirenden Rückenmarkshälfte verbleiben. Er schloss dies daraus, dass die quere Durchschneidung einer Seitenhälfte des Marks Empfindung und Bewegung derselben Seite unterhalb des Schnittes aufhebe, dass dagegen eine Spaltung des Rückenmarks in der Längsmittellinie beide Eigenschaften auf beiden Seiten bestehen lasse. Nach ihm ist dieser Gegenstand durch mehre Jahrhunderte hindurch unbearbeitet geblieben, selbst das Zeitalter HALLER's hat den GALEN'schen Angaben Nichts von Belang zugefügt. Erst das gegenwärtige Jahrhundert nahm ihn wieder auf, jedoch nicht in der Weise, dass es an die von

1 GALEN edit. KÜHN, De locis affectis lib. IV. cap. VII; de administr. anat. lib. VIII. cap. VI. VIII. IX.

Galen gemachte Angabe über den Verlauf der genannten Nervenwege auf derselben Seite, diese etwa prüfend, anknüpfte, sondern so, dass man zunächst eine ganz andere Frage erhob, nämlich die, ob die motorischen und sensiblen Nervenwege innerhalb des Marks mehr oder weniger getrennt oder mit einander gemischt verlaufen. Die ersten Ideen darüber, dass in verschiedenen Rückenmarkspartieen sich verschiedene neurologische Vorgänge getrennt bewegen, finden sich bei Walker.[1] Auf ihm eigenthümliche, rein theoretische Betrachtungen über den Zusammenhang der verschiedenen Hirn- und Rückenmarkstheile hin, hielt er die Vorderstränge für sensibel, die Hinterstränge für motorisch. Ein Fortschritt ist bei Bell bemerkbar. Durch eine ähnliche Ueberschlagungsweise wie Walker kommt er zu der Annahme, dass die vordere Abtheilung des Rückenmarks, welche er als Fortsetzung des Cerebrums ansieht, motorisch, dagegen die hintere, welche ihm Fortsetzung des Cerebellums ist, sensibel sei. Um diese Hypothese zu prüfen, untersucht er die respectiven Abtheilungen des Marks und die beiden Wurzelarten der Spinalnerven. Seine Versuche geben ihm aber kein entscheidendes Resultat, indem er nur beobachtet, wie eine Verletzung der vorderen Portion des Rückenmarks mehr Bewegungen, als eine solche der hinteren und eine Durchschneidung der vorderen Wurzeln Bewegung, die der hinteren keine solche giebt, und wobei ihm die Bedeutung der letzteren für die Sensibilität entgeht. Das nach Bell benannte Gesetz brachte der Hauptsache nach erst Magendie ins Klare, und mit ihm beginnt auch ein ausgiebigeres Experimentiren am Rückenmark selbst.[2] Doch wollte weder in seinen Händen, noch in denen von Schoeps, Bellingeri, Rolando, Calmeil etc. die Lehre von der Topographie der Innervationsvorgänge in dem Rückenmark eine recht feste Gestaltung annehmen.[3] Erst mit dem Anfange der vierziger Jahre lauten die Angaben über einige wenige Punkte des fraglichen Verlaufs über-

1 Alexander Walker, New anatomy and physiology of the brain in particular and of the nervous system in general. Arch. of universal science. III. for July 1809 und später, 1815, in einem Artikel in Thomson's Annals of philosophy for July a. August 1815. Article VI.

2 Man sehe hierüber: Documents and Dates of modern discoveries in the nervous system. London 1839, worin die auf diesen Gegenstand bezüglichen Arbeiten Bell's und Magendie's abgedruckt und in Bezug auf Priorität gewürdigt sind.

3 Wer sich für diese ältere Literatur interessirt, sehe die folgenden Arbeiten nach: Magendie, Journ. de physiol. expériment. III. p. 153. 1823 und Leçons sur les fonctions et les malad. du syst. nerv. II. p. 153. 1839; Bellingeri, De medulla spinali nervisque ex ea prodeuntib. etc. Turin 1823; Schoeps, Meckel's Arch. 1827; Rolando, Sperimente sui fascicoli del midollo spinale. Torino 1828; Calmeil, Recherch. sur la structure etc. Journ. de Progrès. XI. p. 77. 1828; Backer, Comment. ad quest. phys. Utrecht 1830; Seubert, Comment. d. funct. radic. ant. etc. Badae 1833; Joh. Müller, Handb. d. Phys. d. Menschen. 4. Aufl. I. 1844. S. 688.



einstimmender, obschon auch noch von da an mancherlei Differenzen vorkommen.[1] Ich stelle nunmehr diese Sätze im Einzelnen so auf, wie sie sich zur Zeit, ohne grossen Widerspruch zu erfahren, aussprechen lassen, und zeige, mit welchen Methoden sie gestützt worden sind und wie weit sie die Kritik aushalten.

1. In den vorderen weissen Strängen bewegen sich nur willkührlich motorische Vorgänge, und es sind keine sicheren Anhaltspunkte für die Meinung vorhanden, dass sich in ihnen auch sensible von unten nach oben bewegen.

Es darf sich dabei nicht die Vorstellung einschleichen, als müssten sämmtliche durch das Rückenmark ziehende motorische Vorgänge durch diese Stränge gehen, auch die nicht, als nähmen jene Vorgänge auf der ganzen Ausdehnung ihres Verlaufes nur in den weissen Vordersträngen Platz und folgten darin geraden, von oben nach unten ziehenden Bahnen, ohne jemals davon abzuirren und endlich auch nicht die, als sei in diesem Satze die volle Bedeutung besagter Stränge für die Leitung von Innervationsvorgängen überhaupt ausgesprochen. In diesem Sinne sprechen die zur Zeit bekannten Thatsachen nicht. Augenscheinlich sagt dieser Satz über die Topographie der motorischen Wege innerhalb des Rückenmarks sehr wenig aus, da man nach ihm den Verlauf der letzteren nicht Schritt für Schritt verfolgen kann. Indess werden spätere Erörterungen diesen Mangel, so weit die jetzigen Einsichten reichen, decken. Die Erfahrungen, auf welchen jener Satz ruht, sind von ungleichem Werth, in ihrer Gesammtheit aber stehen sie für die Richtigkeit desselben ein. Von den Durchschneidungsversuchen sind die beiden Formen von Belang, von denen die eine darin besteht, dass man das Rückenmark von hinten her bis auf Brücken durchschneidet, welche nur aus Theilen der vorderen weissen Stränge bestehen, die andere darin, dass nur Theile der vorderen weissen Stränge getrennt werden. Da im ersteren Falle noch willkührliche Bewegungen übrig bleiben und im zweiten deutliche Störungen solcher beobachtet werden, so ist damit die Bedeutung der vorderen weissen Stränge für die Bewegung überhaupt bewiesen. Beide Versuchsarten sind nicht in der mehr zusagenden, strengen Form auszuführen, dass man bei der einen Art stets die gesammten vorderen weissen Stränge so intact lasse, wie sie die

1 Zum Beweis vergl. man: LONGET, Anat. et physiol. du syst. nerv. I. p. 273. Paris 1842; STILLING, Untersuch. üb. d. Funct. d. Rückenm. Leipzig 1842; ROSER's und WUNDERLICH's Archiv. I. S. 103. 1842; VALENTIN, De funct. nerv. p. 134. 1839. Repert. für Anat. u. Physiol. VI. S. 310; BUDGE, Untersuch. üb. d. Nervensyst. Frankfurt 1841.

Anatomie schematisch beschreibt, und bei der anderen sie in derselben Abgrenzung durchschneide; in dieser Weise sind sie Unmöglichkeiten. Mit der erwähnten Beschränkung sind sie von verschiedenen Physiologen ausgeführt worden. Falls man jedoch in der Literatur nach guten, oder wenigstens doch gut gemeinten Beispielen sucht, ist bei der Auswahl insofern Vorsicht geboten, als alle diejenigen Versuche, in denen das Rückenmark von hinten so weit eingeschnitten worden ist, dass noch Bewegungen übrig bleiben, ohne den Beweis zu führen, dass der intacte Rückenmarkstheil wirklich nur den vorderen Strängen angehört, unbrauchbar sind. Diese, welche nur andeuten, dass in den vorderen Theilen des Rückenmarks Wege für willkührlich motorische Processe lagern, müssen als unbrauchbare Beweismittel für unseren Satz ausgeschlossen werden. van Deen[1], Schiff[2] u. A. durchschnitten bei Fröschen von hinten her das ganze Mark bis auf Brücken von weissen Vordersträngen; sie sahen nachmals noch einige willkührliche Bewegungen in abwärts vom Schnitt gelegenen Theilen bestehen. Es ist kein ausreichender Grund vorhanden, diese Angaben zu bezweifeln, auf alle Fälle aber ist es ausserordentlich schwer, in jeder Beziehung befriedigende, demonstrative Versuche vorzulegen.[3] Stilling gelangen früher bei Säugethieren diese Versuche nicht. Derartige negative Erfahrungen beweisen indessen Nichts gegen den in Rede stehenden Lehrsatz, da möglicherweise die restirenden Theile der vorderen Stränge durch Druck oder andere Umstände zeitweise leitungsunfähig gemacht sein konnten, oder für die gelähmt erscheinenden Theile in der restirenden Brücke sich gerade keine motorischen Fasern mehr vorfanden. Auch ist zu bemerken, dass Stilling den erwähnten Versuch nicht gegen die obige Fassung der Bedeutung der weissen Vorderstränge geltend gemacht; hat er doch später selbst einen Theil der motorischen Wurzelfäden der Spinalnerven in der Längsrichtung nahe kommende Schrägfasern noch vor ihrem Eintritt in die graue Substanz verfolgt; sein Experiment hängt mit einer Vorstellung zusammen, auf die hernach zurückzukommen ist. Ein Versuch Volkmann's[4], der indess nicht reiner Durchschneidungsversuch ist, kann hier noch angeführt werden. Bei einem im Winterschlafe befindlichen Igel trug er auf 3 Mm. Länge von hinten her so viel Rückenmarkssubstanz

1 van Deen, Traités et découvertes sur la physiologie de la moëlle épinière. p. 69. Leyde 1841.

2 M. Schiff, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. I. S. 280. 1858—59.

3 C. Eigenbrodt, Ueber d. Leitungsgesetze i. Rückenmark. S. 26. Giessen 1849.

4 Volkmann, Artikel Nervenphysiologie in Wagner's Handwörterbuch d. Physiologie. S. 522.

ab, dass nur noch ein Theil der weissen Vorderstränge übrig blieb. Eine hierauf an dem verlängerten Mark ausgeführte electrische Reizung gab Zuckungen in Muskeln von Theilen unterhalb der operirten Stelle, welche keine Nerven von dem oberen Theile des Markes bezogen. Da es sich indess für uns zunächst um willkührliche motorische Vorgänge handelt, so gehört der Versuch streng genommen nicht hierher. Dass bei einer vorsichtigen Durchschneidung der vorderen Stränge jemals von neueren Forschern Schmerzensäusserungen beobachtet worden wären, ist mir nicht bekannt. Das Gegentheil aber wird oft ausdrücklich erwähnt.[1] Wenn Fälle vorkommen, und es giebt deren, wie hernach dargestellt werden wird, dass nach der Durchschneidung der Vorderstränge wenig oder gar keine Bewegungsstörungen gesehen werden, so beweist dies nur, dass an der Stelle des Schnittes keine namhafte Zahl motorischer Elemente mehr für die bezüglichen Muskeln gelegen war. An die Durchschneidungsversuche schliessen sich reine Reizversuche an. Abgesehen davon, dass aus den Erfolgen derselben nur auf die Lagerung motorischer Vorgänge überhaupt, nicht aber speciell auf die willkührlicher geschlossen werden kann, sind dieselben der Anfechtung ausgesetzt, dass viele der in der Literatur verzeichneten Versuche nicht von dem Verdacht gereinigt seien, dass man reflectirte Bewegungen für direct erzeugte motorische Vorgänge genommen habe, zumal da die Erregbarkeit der Rückenmarkssubstanz durch directe Reize bekanntlich bestritten wird. Auch stammen sie aus Zeiten, in denen all die Vorsichtsmassregeln, die bei electrischer Reizung zu nehmen sind, noch nicht so gründlich wie heute bekannt und erörtert waren. Man muss diese Bemerkungen beachten; indess lohnt es sich, einen Blick auf die vorhandenen Angaben zu werfen. Falls sie mit den über die Folgen der Durchschneidung gemachten stimmen, mögen sie bis auf Weiteres zur Unterstützung dieser dienen, können aber niemals als strenge Beweise für unseren Satz gelten. Mit Uebergehung der älteren Versuche dieser Art mögen hier nur einige derjenigen erwähnt werden, bei welchen die Reize auf Durchschnittsflächen des Rückenmarks angewendet werden, eine Methode, die besonders von LONGET, KÜRSCHNER, STILLING und EIGENBRODT geübt worden ist und wegen der Möglichkeit, die Reize etwas schärfer abzugrenzen, bessere Resultate, als die Reizung der Oberfläche des Rückenmarks zu geben scheint. Die genannten Forscher haben ihre Versuche theils an Fröschen, theils an Säugethieren angestellt. Bei den ersteren sind wegen der geringen

---

1 z. B. TÜRCK, Ergebnisse phys. Untersuch. Sitzgsber. d. Wiener Acad. Math.-naturw. Cl. VI. S. 428. 1851.

Ausdehnung des Querschnittes und der geringen Abgrenzung beider Substanzarten auf der frischen Fläche desselben die Versuche schwieriger, als bei den letzteren anzustellen. Die genannten Autoren melden zunächst übereinstimmend, dass bei einer jeden scharf auf den oberen Querschnitt der vorderen weissen Stränge beschränkten mechanischen Reizung jedwede Reaction fehlt, aus welcher sie im Vergleich mit den Schmerzenszeichen und den sie begleitenden complicirten Bewegungen, welche eine analoge Reizung des cerebralen Endes der durchschnittenen, weissen Hinterstränge giebt, den Schluss ziehen, dass in den vorderen weissen Strängen keine sensibelen Vorgänge sich aufwärts fortbewegen. Mechanische Reizungen an den weissen Vordersträngen des caudalen Stückes des durchschnittenen Rückenmarks ergaben in manchen Fällen keine Bewegungen, in anderen aber kamen sie vor, wie namentlich LONGET [1] und KÜRSCHNER [2] versichern; dagegen geben schwache galvanische Erregungen der genannten Theile viel öfter Zuckungen in abwärts vom Schnitte gelegenen Theilen. Um den Einwand zu beschwichtigen, es könnten diese Bewegungen reflectorisch vermittelte sein, beruft man sich darauf, dass an Querschnitten des Rückenmarks sich eine solche erfolgreiche mechanische Reizung der weissen Vorderstränge auch dann noch ausführen lasse, wenn ein Vorversuch das vollkommene Verschwinden der vorher bestandenen reflectorischen Bewegungen dargethan habe.[3] Diese Reizversuche sagen nun zwar aus, dass direct erregbare motorische Bahnen in den vorderen Strängen verlaufen, aber nicht, dass dieselben auch vom Willen benutzt werden. Da aber die Durchschneidungsversuche für die den willkührlichen Bewegungen dienenden Wege ebensowohl auf die vorderen Stränge hingewiesen haben, so können diese Reizversuche als Stützen für den Satz angesehen werden, der zu beweisen war. So lange die Existenz und Lage der kinesodischen Stellen des Rückenmarks noch eine offne Frage ist, haben diese Versuche etwas Unbefriedigendes; obschon man sich recht gut vorstellen kann, dass es einzelne Stellen des Rückenmarks giebt, wo die motorischen Wurzeln in den weissen Vordersträngen einen längeren Verlauf haben, ehe sie in kinesodische Substanz eintreten. Durch diese Mittheilungen mag nun zwar der positive Theil unseres Satzes für erwiesen gelten, nicht aber so der negative. Die beiden bereits gemachten Angaben, dass vorsichtige

1 LONGET, Anatomie et physiologie du système nerveux. I. p. 274. Paris 1842.

2 KÜRSCHNER in der Uebersetzung von M. Hall's Abhandlg. üb. d. Nervensystem. S. 197. Marburg 1840.

3 Dieser Versuch ist zuerst von KÜRSCHNER angegeben worden, später hat ihn EIGENBRODT mit Erfolg wiederholt; KÜRSCHNER l. c. S. 201; EIGENBRODT l. c. S. 29.

Durchschneidung der Vorderstränge keine Schmerzen hervorruft und eine galvanische Reizung des cephalen Stückes des vorderen Stranges eines quer getheilten Rückenmarks eben wohl keine Schmerzensäusserungen erzeugt, können nicht für diejenigen überzeugend sein, welche VAN DEEN's Lehre von der directen Unerregbarkeit der Rückenmarkssubstanz huldigen oder wenigstens noch die Berechtigung der Discussion darüber anerkennen, um so weniger, als ältere Beobachter, wie ROLANDO, CALMEIL, NONAT den vorderen Rückenmarkssträngen Innervationswege für sensible Vorgänge zuerkennen. Es kommt hinzu, dass selbst ein neuerer Forscher, BROWN-SÉQUARD [1], den genannten Strängen einige wenige sensible Fasern zuerkennt. Derselbe behauptet, dass nach der Durchschneidung des gesammten Marks mit Ausnahme der Vorderstränge immer noch eine Spur von Sensibilität zurückbleibe. Da aus seinen begleitenden Worten hervorgeht, dass er möglichst darauf geachtet, bei den bezüglichen Versuchen keine graue Substanz sitzen zu lassen, in welcher möglicher Weise sich noch sensible Elemente hätten befinden können, so kann die Angabe wahr sein. Bei der gewohnten Art, die weissen Stränge in der Tiefe abzugrenzen, kommt ihr aber nicht eine solche Bedeutung zu, dass Satz 1 dadurch bedenklich in Frage gestellt wäre.

2. In den hinteren weissen Strängen sind Empfindungswege vorhanden, an sicheren Zeichen dafür, dass sich daselbst auch der willkührlichen Motilität dienende Bahnen fänden, fehlt es.

Auch die Fassung dieses Satzes schliesst nicht die Vorstellung in sich, dass die Empfindungsvorgänge auf ihrem Wege bis zum Gehirn lediglich auf die weissen Hinterstränge beschränkt seien; und es gelten für sie dieselben Vorsicht empfehlenden Bemerkungen, die ich über die Vorderstränge machte. Verschiedene Experimentatoren haben bei der Durchschneidung dieser Stränge deutliche Schmerzensäusserungen wahrgenommen. Ebenso ergaben ihnen Reize verschiedener Art, auf die cerebralen Durchschnittsflächen der weissen hinteren Stränge oder auf aus diesen gebildete Lappen applicirt, Zeichen, die wir gewöhnlich für Ausdruck des Schmerzes halten.[2] Dabei muss allerdings zugegeben werden, dass nicht alle Forscher ein und dieselbe Reaction, welche auf eine Reizung der hinteren Rückenmarksstränge folgt, als Zeichen von empfundenem Gefühl interpretiren.

1 BROWN-SÉQUARD, Exposé critique etc. Journ. d. l. physiol. I. p. 179.

2 LONGET, Anatomie et physiologie du système nerveux. I. p. 274; EIGENBRODT l. c. S. 32; SCHIFF, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. I. S. 237. 249; LONGET wandte galvanische, EIGENBRODT und SCHIFF mechanische Reize an.

Man kann das Rückenmark bis auf die hinteren Stränge durchschneiden ohne dass das Thier seines Gefühls verlustig geht.[1] Da sich Jedermann von der Richtigkeit dieser Erfahrungen überzeugen kann, so kann nicht leicht ein Zweifel darüber aufkommen, dass in den hinteren Strängen sensible Bahnen enthalten sind. Wenn einzelne Beobachter melden, dass die Durchschneidung der hinteren Stränge manchmal schmerzlos gewesen sei, oder dass Durchschneidung und Entartung der Hinterstränge keinen nachtheiligen Einfluss auf das Gefühl gehabt habe, was sich doch als Folgerung aus unserem Satz zu ergeben scheint, so spricht das nicht gegen jenen Satz. Es konnte ein solches Thier einen geringeren Grad von Empfindlichkeit besitzen, wie ja auch ein und dieselbe Reizung eines peripherischen Nerven bei dem einen Individuum heftiges Schreien, bei einem anderen Nichts der Art hervorruft, oder es war zufällig die Summe der getroffenen, direct erregbaren sensiblen Elemente gering. Erlitt das Gefühl nach dem Schnitt keine wesentliche Einbusse, so kann dies durch die Annahme gedeutet werden, dass die sensiblen Fasern der auf ihre Empfindung geprüften Stellen ihre empfangenen Erregungen nicht auf Wegen fortpflanzten, welche durch die Wunde des Rückenmarks zogen, denn wir behaupten nicht, dass die einmal in die hinteren Stränge eingetretenen sensiblen Wege nun auch darin bis zum Gehirn verbleiben. Man hat die Leitungseigenschaften der hinteren weissen Stränge nach zwei Richtungen hin einzuengen versucht. Nach der einen ist man geneigt, sie nur fähig zu halten, Tasteindrücke zu leiten, indem man behauptet, dass Thiere, denen man die gesammte graue Masse und alle weissen Rückenmarkstheile mit Ausnahme der hinteren weissen Stränge durchschnitten, nur noch das Vermögen besässen, Tasteindrücke aufzunehmen. Die Unfähigkeit Schmerzeindrücke aufzunehmen, also mit A n a l g e s i e behaftet zu sein, schreibt man dabei der Abwesenheit der grauen Substanz zu.[2] Doch ist dieser Punkt noch nicht allgemein anerkannt.[3] Nach der anderen wird behauptet, die weissen Hinterstränge betheiligten sich bei der Leitung von Empfindungsvorgängen nur in so weit als sie dem Durchgang der sensiblen N e r v e n w u r z e l n dienten, jene pflanzten sich vielmehr nur durch die graue Substanz fort. Es rührt diese Meinung von STILLING her, sie ist aber stark von SCHIFF bestritten worden. Beide Angaben bedürfen erneuter Prüfung.

Weniger leicht ist es, die A b w e s e n h e i t motorischer Bahnen

1 SCHIFF, Lehrbuch etc. I. S. 252.
2 Ebendaselbst I. S. 252.
3 VULPIAN, Leçons sur la physiol. générale etc. p. 17. Paris 1866.

in denselben Theilen zu erweisen. Die Erfahrung zeigt, dass bei der Reizung der centralen Durchschnittsfläche mehr oder minder heftige Bewegungen entstehen. Da sie meist den Eindruck machen, als seien sie Folge des Schmerzes, so könnte man sich dabei beruhigen, und alle Bewegungen, die man bei Manipulationen an den hinteren Strängen etwa bekommt, ohne Weiteres als durch Schmerz erzeugte betrachten. Das würde jedoch kein überzeugender Beweis dafür sein, dass in den hinteren Strängen jedes motorische Element fehlt. Mehr Vertrauen könnte man auf die von LONGET, KÜRSCHNER und EIGENBRODT [1] angegebene Versuchsform legen, der zufolge bei der Anwendung ganz schwacher galvanischer und mechanischer Reize, welche den Durchschnitt der weissen Hinterstränge des unterhalb des Schnittes gelegenen Rückenmarkstheiles treffen, man keine Zuckungen erhält. Aber dieser Versuch hat keine recht überzeugende Kraft, da ein negativer Erfolg der Reizung nur bei schwachen galvanischen Reizen auftritt und man jenen auf diesen Umstand schieben könnte. Ausserdem sind durch STILLING und Andere Erfahrungen bekannt, welche beweisen, dass nach der Durchschneidung einer vorderen Hälfte des Rückenmarks noch willkührliche Bewegungen zur Beobachtung kommen können, von denen angenommen werden kann, ihre Wege lägen in den hinteren, weissen Strängen. Am überzeugendsten würden Versuche sein, welche bei einer reinen Durchschneidung der Hinterstränge, in welcher Höhe man sie auch ausführte, keine Bewegungsstörungen ergäben. Gute Beobachter [2] geben dies Resultat, jedoch nur für den jedesmal von ihnen gewählten Ort, an, obschon auch gegentheilige Angaben verzeichnet sind. Da die letzteren sich durch ungenaue Abgrenzung der Hinterstränge und Druck auf tiefer liegende motorische Wege erklären lassen, so kann aus Allem was über die Hinterstränge angegeben worden ist, die grösste Wahrscheinlichkeit abgeleitet werden, dass sie keine motorischen Elemente in sich schliessen.

3. In den weissen Seitensträngen, wie sie in der descriptiven Anatomie abgegrenzt zu werden pflegen, bewegen sich motorische und sensible Vorgänge.

Wegen des Mangels einer scharfen Abgrenzung derselben von den Vorder- und Hintersträngen ist man hier bei den Prüfungen vielen Unsicherheiten unterworfen. Die vorderen und hinteren Stränge finden sich hier unter günstigeren Umständen, als jene, nämlich in der

1 EIGENBRODT l. c. S. 35.
2 z. B. TÜRCK, Sitzgsber. d. Wien. Acad. Math.-naturw. Cl. VI. S. 428. 1851.

Beziehung, dass sie wenigstens gegen die Medianfissuren hin scharfe Begrenzungen darbieten. Daher gehen denn für diese Rückenmarksabtheilungen die Ansichten sehr auseinander. Indess läugnet keiner der Forscher, die sich jemals mit den Leitungsvorgängen mehr denn vorübergehend beschäftigt haben, die Anwesenheit motorischer Bahnen in ihnen. Streit besteht nur über das ob und wieviel sensible in ihnen liegen. Hervorragende Forscher, wie namentlich LONGET und STILLING, gestehen jenen gar keinen Gehalt an sensiblen Bahnen zu, andere, wie SCHIFF [1], sprechen sich zweifelhaft darüber aus und noch andere, wie z. B. TÜRCK [2], sahen die heftigsten Schmerzen bei der Durchschneidung der Seitenstränge. Hervorzuheben aber ist, dass nach dem letzteren Forscher nach der Durchschneidung keine Anästhesie oder Abnahme des Gefühls auf derselben Seite, sondern im Gegentheil Hyperästhesie zur Beobachtung kommen soll; doch bleibt es nach seinen Angaben unbestimmt, ob sich diese auf die bewussten Empfindungen oder nur auf die Hervorrufung von Reflexphänomenen bezieht. Von besonderer Bedeutung für die Leitungsverhältnisse in den Seitensträngen ist eine durch LUDWIG angeregte, von WOROSCHILOFF [3] ausgeführte Arbeit, gleich beachtenswerth im Interesse der Methodik und ihrer Resultate. Durch ein im Original nachzusehendes Verfahren ist die Art der Trennung der Rückenmarkstheile mit viel grösserer Sicherheit, als in allen anderen derartigen Versuchen ausgeführt, und ausserdem ermöglicht sie dadurch, dass sie vergrösserte photographische Abbildungen gibt von den Querschnitten, die an der weitgreifendsten Stelle der Verwundung angelegt wurden, für jeden spätern Arbeiter auf diesem Gebiet eine sofort klare von allen Zweifeln freie Einsicht über die defecten und integren Bestandtheile des Marks an den fraglichen Stellen. Soweit uns dieselbe hier interessirt, stellt sie in erster Linie fest, dass beim Kaninchen in der Gegend des letzten Brustwirbels in den Seitensträngen willkührlich motorische und sensible Bahnen verlaufen, und zwar in solcher Menge, dass nach Trennung der weissen Hinter- und Vorderstränge beider Seiten, sowie der gesammten grauen Substanz die willkührlichen motorischen Bewegungen der hinteren Extremitäten, sowie deren empfindende Eigenschaften nahezu so erhalten bleiben, wie sie sich am gesunden Thiere äussern. Durch diese Beobachtung der hervorragenden Bedeutung

1 SCHIFF, Lehrbuch etc. S. 241.

2 TÜRCK, Ergebnisse phys. Untersuch. Sitzgsber. d. Wien. Acad. Math.-naturw. Cl. VI. S. 427. 428.

3 WOROSCHILOFF, Der Verlauf der motorischen und sensiblen Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchens. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-physik. Cl. XXVI. S. 248. 1874.

der weissen Seitenstränge ist keineswegs unser erster Satz über die weissen Vorderstränge gefährdet; denn diese Beobachtung bezieht sich nur auf einen Schnitt im letzten Brustwirbel. Bei dem Versuche, die Lagerung der motorischen und sensiblen Wege in den Seitensträngen genauer zu ermitteln, ergab sich, dass die den coordinirten Bewegungen dienenden, wie dem Laufen und Springen, also willkührlicher Motilität vorstehenden vorzugsweise im mittleren Drittel liegen, womit indess nicht ausgeschlossen ist, dass auch in anderen Theilen desselben Stranges sich noch solche finden können. Noch ist auf die von WOROSCHILOFF bei dieser Gelegenheit aufgefundene Thatsache aufmerksam zu machen, dass man aus dem Seitenstrang in verschiedenen Richtungen grössere Stücke ausschneiden kann, ohne dass die sensiblen und motorischen Leitungen für das Hinterbein wesentlich leiden, trotzdem, dass man die sensible und motorische Bedeutung des ausgeschnittenen Stückes durch Trennung anderer Theile des Seitenstrangs erweisen kann. Bestätigt sich dies Verhalten, welches, um bei unserer inductiven Methode überzeugend zu sein, der Wiederholung bedarf, so würde dasselbe darauf hindeuten, dass innerhalb des Marks eine unterbrochene Leitungsbahn durch eine andere vertreten werden kann. Mancherlei Erscheinungen könnten darin ihre Erklärung finden, wie z. B. auch die, dass, obschon unbestrittene Versuche die Bedeutung der vorderen Stränge für die Motilität darthun, man diese bei Erhaltung der Seitenstränge unter Umständen ohne wesentliche Motilitätsstörung durchschneiden kann; GERLACH's Nervennetze können uns die Existenz solcher vicarirenden Vorrichtungen wahrscheinlich finden lassen.

4. Es sind ausreichende Gründe für die Vorstellung vorhanden, dass der Lauf der willkührlich motorischen und sensiblen Bahnen an die drei Stränge nicht in der Art geknüpft sei, dass ein Erregungsvorgang, einmal in eine bestimmte Strangform eingetreten, nun darin auch auf dem kürzesten Wege bis zu seinem Ziele verliefe.

Die Thatsachen, welche die Gründe für diese negative Behauptung abgeben, führen zugleich zu der mehr oder minder klaren Einsicht in einen Theil der verschlungenen Wege, welche die Innervationsvorgänge im Rückenmark nehmen. So unvollkommen noch die Resultate der microscopischen Forschung über den Faserverlauf im Rückenmark im Einzelnen sein mögen, die vorher gethane Behauptung geht aus ihnen hervor. Für die Nervenwurzeln ist dargethan, dass keine einzige ihrer Fasern einen Verlauf nimmt, aus welchem mit Wahrscheinlichkeit angenommen werden könnte, dass bei ihrer Verknüpfung

mit einem weissen Strang sie sofort in diesem in möglichst gerader Bahn für immer in die Höhe zöge; sie ziehen entweder direct nach der grauen Substanz oder nehmen nach in den weissen Strängen ab- oder aufsteigendem Verlauf solche Umbiegungen an, dass es höchst unwahrscheinlich ist, dass sie den ursprünglichen in den weissen Strängen angenommenen Verlauf beibehalten. Hieran schliessen sich zweitens die Erfahrungen über die Fortpflanzung von der Empfindung und den willkührlichen Bewegungen dienenden Innervationsvorgängen durch die graue Substanz und überhaupt durch den beide Rückenmarkshälften verbindenden Theil. Die Versuche, welche über die Leitungsfähigkeit derselben angestellt worden sind, haben zwar nicht zu übereinstimmenden Ergebnissen und wenn theilweise zu solchen, doch nicht zu gleicher Deutung geführt; die sorgfältigsten Versuche aber und die umsichtigsten Reflexionen, welche über diesen Gegenstand bekannt geworden sind, lassen keinen Zweifel darüber, dass sich durch die graue Substanz Innervationsvorgänge der erwähnten Art fortpflanzen. Ist dem aber so, dann ist Satz 4 bewiesen. Die Versuchsformen, welche man zur Prüfung der genannten Leitungsfähigkeit der erwähnten Theile erdacht hat, bestehen theils in an der Substanz des Rückenmarks ausgeführten Reizversuchen, theils in Durchschneidungen einer vorderen oder hinteren Hälfte des gesammten Rückenmarks, theils in solchen einer Seitenhälfte oder beider Seitenhälften in ungleichen Höhen, theils in Längstheilungen, theils in Reizungen der sogenannten motorischen Centren des Gehirns, nach verschiedenen vorgängigen Schnitten durch das Rückenmark.

Die directen Reizversuche haben die grössten Uebelstände. Am frischen Rückenmark des Frosches sind die Grenzen beider Substanzarten wegen wenig scharfer Abgrenzung, zum mindesten für das unbewaffnete Auge, schwer zu erkennen; bei Säugethieren bereitet das aus der Schnittfläche hervorquellende Blut ebenfalls der scharfen Unterscheidung Schwierigkeiten. Ausserdem sind bei den ersteren Thieren die Zeichen hervorgerufener Empfindungen trügerisch. Sucht man bei Säugethieren die Versuche so sorgfältig auszuführen, als es die Umstände erlauben, so sind die Ergebnisse doch der Art, dass man zu dem Glauben immer wieder hingedrängt wird, dass zum mindesten Theile der hinteren grauen Hörner empfindlich sind. Ich spreche dies zufolge eigner und der Prüfungen anderer Physiologen aus.[1] Nach Versuchen von STILLING soll die gelatinöse Substanz des Hinterhorns auf mechanische Reizung sich besonders

---

1 STILLING, Roser u. Wunderlich's Archiv. IV. S. 107. 109; EIGENBRODT, Ueber die Leitungsgesetze im Rückenmark. S. 39.

empfindlich erweisen. Dies ist in Uebereinstimmung mit dem oben angegebenen Verlauf der hinteren Nervenwurzeln.

Was die Versuche an Thieren betrifft, denen man die vordere oder hintere Rückenmarkshälfte durchschnitten hat, so dürften sie am wenigsten geeignet sein, Schlüsse auf die Leitungsfähigkeit der grauen Substanz zu erlauben. Es besteht keine natürliche Grenze zwischen vorderer und hinterer Rückenmarkshälfte, so dass Durchschneidungen dieser Art sehr unsicher auszuführen sind, ausserdem herrscht über die Vertheilung der sensibeln und motorischen Bahnen innerhalb der weissen Seitenstränge noch nicht volle Klarheit, so dass man nicht überzeugend einsieht, ob die übrig bleibenden Innervationsvorgänge die graue Substanz oder vom Schnitt verschonte Reste der Seitenstränge durchsetzen. Nur der Umstand, dass die neueren histologischen Untersuchungen zu der Ansicht drängen, dass die hinteren Wurzeln der Spinalnerven nicht zu den Seitensträngen ziehen, ohne die graue Substanz vorher durchsetzt zu haben, macht die Ergebnisse dieser Durchschneidungsart des Rückenmarks beachtenswerth. Es ist dieselbe zuerst von van Deen angestellt worden, später haben sie auch Stilling, Eigenbrodt und Andere bei Fröschen und Säugethieren ausgeführt. Volle Uebereinstimmung findet in den Angaben dieser Forscher nicht statt. Ich hebe jedoch hervor, dass Eigenbrodt und zum Theil auch van Deen in späteren Versuchen bei Fröschen gesehen haben, wie nach der Durchschneidung der hinteren Rückenmarkshälfte in der Gegend des dritten Wirbels auf Reizung der hinteren Extremitäten solche Bewegungen in den vorderen auftraten, die nicht leicht anders als willkührliche in Folge entstandener bewusster Gefühlseindrücke zu deuten waren, und ebenso, wie bei vorsichtig ausgeführter Durchschneidung der vorderen Hälfte des Marks an demselben Orte noch willkührliche Bewegungen in den hinteren Extremitäten auftraten. Nimmt man hierzu die Erfahrungen über die Lagerung der motorischen und sensitiven Bahnen in den weissen Strängen, so machen sie wahrscheinlich, dass in beiden Fällen die restirenden Innervationsvorgänge durch die graue Substanz resp. von oben und unten hinter dem Schnitte weggesetzt haben. Eine strenge Kritik aber zu Gunsten der Lehre von der Leitung der grauen Substanz bestehen diese Versuche nicht.

Von grösserem Werthe sind die Beobachtungen, die man bei Durchschneidung einer seitlichen Hälfte oder beider Hälften in verschiedener Höhe oder der Länge nach zwischen den Hälften des Rückenmarks gemacht hat. Auch diese verschiedenen Versuchsformen sind zuerst von van Deen ausgeführt worden, freilich eben wohl

nur an Fröschen, bei denen die Beurtheilung des Versuchsergebnisses, ähnlich wie bei der vorigen Versuchsart, Unsicherheiten unterliegt. Sie sind viele Mal wiederholt und auch auf Säugethiere ausgedehnt worden. Kurz nach dem Erscheinen von VAN DEEN's Arbeiten sehen wir STILLING, VOLKMANN und EIGENBRODT, in den fünfziger Jahren und später BROWN-SÉQUARD, TÜRCK, CHAUVEAU, v. BEZOLD und VAN KEMPEN mit dieser Angelegenheit beschäftigt. Beide Male lauten die Berichte über die Folgen der erwähnten Trennungsarten des Rückenmarks nicht übereinstimmend. Obschon ich nun im Folgenden die vorhandenen Differenzen unpartheiisch auseinandersetzen werde, so ziemt es sich doch, die Zuneigung zu denjenigen Angaben hervortreten zu lassen, bei denen Vorsicht in der Ausführung der Versuche und Umsicht bei der Würdigung derselben besonders bemerkbar sind. Ich habe schon bei der bisherigen Darstellung der Leitungsbahnen im Rückenmark, ohne es ausdrücklich zu bemerken, durchblicken lassen, dass es angezeigt sei, die bei einer Thiergattung gewonnenen Resultate nicht so ohne Weiteres auf eine andere zu übertragen. Hier betone ich dies, weil bei den nunmehr darzustellenden Versuchen dieser Umstand besonders zu beachten ist, um die Verschiedenheiten der Ansichten nur einigermassen begreiflich zu finden. Ich nehme zuerst die an Fröschen angestellten Versuche vor. Beobachter, wie EIGENBRODT und v. BEZOLD, welche zahlreiche und umsichtige halbseitige Durchschneidungen am Rückenmark des Frosches angestellt haben, kommen in der Angabe überein, dass hohe, am unteren Ende des calamus scriptorius und ein wenig darunter ausgeführte Schnitte keinen wesentlichen Einfluss auf die willkührlichen Bewegungen beider Seiten des Thieres ausüben. Rückt der Schnitt dem Abgang der Nerven für ein Glied näher und näher, so fangen allmählich die willkührlichen Bewegungen desselben an, weniger oder mehr gestört zu werden, während alle übrigen Glieder keine wesentliche Einbusse ihrer willkührlichen Bewegungen erleiden. Dieses Resultat haben die Versuche von EIGENBRODT und von v. BEZOLD ergeben, und die älteren Angaben von VAN DEEN und STILLING stimmen im Wesentlichen damit überein. VOLKMANN, der indess seine Versuche noch nicht so sehr variirte, als die späteren Forscher, betonte vorzugsweise eine Lähmung, welche auf der Seite des Schnittes entsteht. Wahrscheinlich kam er dem Ursprung der Nerven besonders nahe. Hieraus folgt, dass beim Frosch in jeder Hälfte des Marks für die Muskulatur je eines Gliedes ein directer und ein auf die andere Seite hinüberführender Weg existiren muss, auf welchen die willkührlichen Erregungen ziehen; denn nur unter dieser An-

nahme ist begreiflich, wie bei den erwähnten Schnitten auf beiden Seiten die willkührliche Bewegung fortbestehen kann. Hierüber sind einige verständigende Bemerkungen nothwendig, da gerade v. BEZOLD aus vielen derartigen von ihm angestellten Versuchen schliesst, dass keine Kreuzung der motorischen Nervenwege im Rückenmark des Frosches vorkomme. Dieser Physiologe schliesst so[1]: Da die halbe Trennung des Marks am unteren Ende des calamus scriptorius die Bewegung unverändert auf beiden Seiten bestehen lässt, so kann keine Kreuzung im Rückenmark vorkommen; denn wäre diese vorhanden, so müsste man Schwächung der Bewegung auf der entgegengesetzten Seite sehen. Um nun die trotz der durch seine Voraussetzung entfernten Kreuzung auf der operirten Seite ungeschwächt fortbestehende Bewegung zu erläutern, verfällt er, da ihm die Rückenmarkspsyche PFLÜGER's und AUERBACH's nicht zusagt, auf die Annahme, dass die Muskelnerven der operirten Seite in der Nähe ihres macroscopischen Zusammenhangs mit dem Rückenmark aus Ganglienzellen in diesem entsprängen, welche durch sogenannte Commissurenfasern mit Ganglienzellen der anderen Seite zusammenhängen, so dass vom Willen auf diese und jene zugleich gewirkt werden könne. Dies stellt aber in der That eine Kreuzung von Nervenwegen dar, da von der anderen Seite sich dasselbe sagen lässt. Ich erkläre hier ausdrücklich, dass, wenn ich von einer Kreuzung von Nervenwegen im Cerebrospinalorgan rede, ich darunter nichts Anderes verstehe, als einen Uebertritt von Innervationswegen durch die Sagittalebene und mich jedes Ausdrucks über den Bau dieses Weges enthalte. Ich habe diese Bemerkungen machen zu müssen geglaubt, damit es nicht scheint, als hätte ich aus v. BEZOLD's Versuchen Etwas erschlossen, was ihr Urheber gerade bestreiten wollte. — Ausserdem lehren die in Rede stehenden Versuche über die Topographie der willkührlich motorischen Bahnen, dass diejenigen, welche die Medianebene des Rückenmarks passiren, erst kurz oberhalb der motorischen Wurzeln dies thun, in denen sie aus dem Rückenmark austreten. In der Hand VAN KEMPEN's sind die Versuche einer einseitigen Quertheilung des Marks bezüglich der motorischen Wirkungen etwas anders ausgefallen und somit ist auch seine Ansicht über die physiologische Constitution des Rückenmarks eine andere, als die eben ausgesprochene.[2]

Während bei Fröschen die motorischen Erfolge einseitig ausgeführter Querschnitte des Rückenmarks aus sehr verschiedenen

1 v. BEZOLD l. c. S. 17 u. 18.

2 VAN KEMPEN, Expériences physiologiques sur la transmission de la sensibilité et du mouvement dans la moëlle épinière. p. 22 et 25. Bruxelles 1859.

Höhen vorliegen, sind bei Vögeln und Säugethieren die analogen Erfahrungen beschränkter, indem zumeist nur die Erfolge für einige wenige Schnitte vorliegen und man sich daraus kein einigermassen befriedigendes Bild über die Lagerung der motorischen Wege des Rückenmarks auf eine namhafte Länge machen kann. Viele der hierher gehörigen Versuche leiden an der Unvollständigkeit, dass nicht ausdrücklich und Vertrauen erweckend über den anatomischen Befund des Schnittes am getödteten Thiere berichtet wird. Hemisectionen des Halsmarkes mit scharfer Beschreibung ihres Einflusses auf die Motilität sind selten ausgeführt worden. Brown-Séquard machte sie bei Meerschweinchen in der Gegend des dritten, van Kempen bei Kaninchen und Hunden in der Gegend des fünften und sechsten Halswirbels, v. Bezold bei Tauben über dem Abgang der Wurzeln des plexus brachialis. Der erstere[1] spricht von vollständiger Paralyse auf der Seite des Schnittes, van Kempen[2] von Lähmung auf beiden Seiten, auf der operirten jedoch in höherem Grade. v. Bezold[3] giebt für seine Tauben Vernichtung der willkührlichen Bewegungen der operirten und vollkommene Integrität der gesunden Seite an. Die leichter auszuführenden halbseitigen Rückenmarksdurchschneidungen im unteren Theil des Marks sind häufiger ausgeführt worden. Aber selbst hier wird von verschiedenen Resultaten berichtet. In der Gegend des Rückens ausgeführt, sahen einige Beobachter (Stilling, Eigenbrodt) noch einige Bewegung in der hinteren Gliedmasse derselben Seite bestehen; in der Gegend des Lendenmarks den Schnitt angebracht, sah Eigenbrodt vollständige Paralyse der hinteren Extremität derselben und unvollständige der der anderen Seite auftreten.[4] Aehnlich sah es van Kempen.[5] Fügen wir diesen Erfahrungen endlich noch zwei instructive Fälle von Rückenmarksdurchschneidungen beim Menschen hinzu. Der eine Fall ist von W. Müller[6] beschrieben. Der Schnitt trennt unterhalb des dritten Dorsalnerven die ganze linke Rückenmarkshälfte und greift hinten ein wenig nach rechts über. Die linke untere Extremität und die linken Bauchmuskeln gelähmt, die rechte untere Extremität frei beweglich. Der andere von Weiss[7] beschriebene Fall würde noch instruktiver sein, da hier die Trennung zwischen Atlas

1 Brown-Séquard, Compt. rend. d. l. soc. d. biologie II. p. 33. 1850.
2 van Kempen, Expériences physiologiques etc. Bruxelles 1859. p. 30 ff.
3 v. Bezold, Ueber die gekreuzten Wirkungen des Rückenmarks. S. 21.
4 Eigenbrodt, Leitungsgesetze. S. 55.
5 van Kempen l. c. S. 34.
6 W. Müller, Beiträge zur pathologischen Anatomie u. Physiologie d. menschlichen Rückenmarks. 1871.
7 R. Weiss, Langenbeck's Arch. f. klin. Chir. XXI. S. 226.

und Schädel ausgeführt worden war, wenn die Schnittwunde sich hätte genauer beschreiben lassen. Da aber sämmtliche die Motilität nicht betreffenden Erscheinungen mit denen des vorigen Falles stimmen, so kann kaum die Voraussetzung falsch sein, dass wir es auch in ihm mit completer Hemisection des Marks zu thun haben. Hier nun war auch vollständige Lähmung der ganzen verletzten Seite vorhanden; auf der gesunden nur im Arm theilweise Lähmung, die sich grösstentheils nach 24 Stunden gehoben hatte. Nunmehr ist noch anzugeben, welchen Erfolg die Hemisectionen für die Wege der bewussten Empfindung haben. Versuche an Fröschen haben ihr Missliches, da die Zeichen für bestehende Empfindungen zu unsicher sind. Aeusserungen empfundenen Schmerzes durch die Stimme sind bei diesem Thiere selten, und wären sie häufiger, so könnte es angezweifelt werden, ob sie als giltige Zeugen für bestehende Empfindung zu betrachten wären. Gewöhnlich zieht man die Form der auf Reize entstehenden Bewegungen in Betracht, indem man der Ansicht ist, dass, falls diese Ausdruck bewusster Empfindungen seien, sie complicirter wären, länger andauerten und den Zweck verriethen, sich dem Schmerze zu entziehen, als in dem Fall, wo sie reine Reflexbewegungen seien. Es mag Fälle geben, in denen der Unterschied beider Bewegungsformen so gross ist, dass ihn jedermann leicht auffasst und ihn als Zeichen etwa bestehender Empfindungen gelten lässt. Dagegen wird es zahlreiche Fälle geben, bei denen die Deutung der Subjectivität des Forschers anheimfällt. Immerhin ist es gut, sich die bisherigen Versuche anzusehen; vielleicht erweisen sie sich doch in Verbindung mit anderen Erfahrungen werthvoll; ich wähle dabei die am sorgfältigsten angestellten aus. Nach EIGENBRODT besteht nach einem hoch oben in der Gegend des zweiten und dritten Wirbels am Froschrückenmark einseitig angelegten Querschnitt das Gefühl auf der operirten Seite in den abwärts vom Schnitt gelegenen Theilen noch fort, tiefer angelegte Schnitte ergeben mehr oder minder grosse Beeinträchtigung des Gefühls. VAN DEEN und STILLING hatten bereits vor EIGENBRODT ähnliche Erfahrungen gemacht, aber man sucht bei ihnen vergebens nach ausreichenden Gründen dafür, dass es sich hier um bewusste Empfindungen handle. VAN KEMPEN schliesst aus dem Verhalten, welches Frösche, denen das Halsmark ebenso hoch einseitig durchschnitten worden war, zeigen, dass auf der operirten Seite das Gefühl in sehr augenscheinlicher Weise fortdaure, während es auf der entgegengesetzten Seite eine Schwächung erfahren habe. Auch bei tiefer angelegten halbseitigen Durchschneidungen am Rückenmark des Frosches sahen EIGENBRODT und VAN KEMPEN

noch die bewussten Empfindungen auf der operirten Seite fortbestehen; der letztere Physiologe lässt auch hier das Gefühl auf der nicht operirten Seite andauern. Von etwas grösserem Belang sind die Erfahrungen, welche einseitige Rückenmarksdurchschneidungen bei Vögeln und Säugethieren ergeben haben, da bei diesen die Zeichen fortbestehender Empfindungen etwas weniger trügerisch sind. Seit STILLING, BUDGE und EIGENBRODT zuerst bei Katzen und Hunden das Gefühl auf der Seite des Schnittes unterhalb desselben fortbestehen sahen, ist diese Beobachtung zum Oefteren gemacht worden. TÜRCK, BROWN-SÉQUARD [1], SCHIFF, v. BEZOLD, VAN KEMPEN sind die Forscher, in deren Schriften sich dieselbe so oft findet, dass an ihrer Richtigkeit kein Zweifel mehr sein kann. Dem hier zu machenden Zusatz über die Veränderungen, welche das Gefühl nach einseitiger Hemisection des Marks auf beiden Seiten zeigt, werde ich hernach eine besondere Besprechung widmen. Da der Mensch die beste Auskunft über das Vorhandensein oder Fehlen von Empfindungen geben kann, so sind die Erfahrungen über die Empfindungen in den S. 163 erwähnten beiden Fällen unbezahlbar. In dem von MÜLLER beschriebenen Fall, der von einer befriedigenden Autopsie begleitet ist, bestand das Gefühl auf der Seite, wenn auch verändert, fort, auf welcher die Hemisection des Marks bestand. Die andere Seite war vollkommen gefühllos; ob dies dadurch bedingt war, dass beim Menschen vollständige Kreuzung aller Gefühlswege im Mark besteht, oder dadurch, dass auf der anderen Seite auch der Hinterstrang noch durchschnitten war, bleibt vorerst eine offene Frage.

Ausser der einseitigen Hemisection des Rückenmarkes hat man ferner beide seitliche Hälften desselben in verschiedenen Höhen dergestalt durchschnitten, dass das zwischen beiden Schnitten liegende Stück von grösserer oder geringerer Länge war. Auch diese Art des Versuchs ist zuerst von VAN DEEN ausgeführt worden. VALENTIN, STILLING, VOLKMANN und EIGENBRODT haben sie wiederholt. Die Erfolge dieser Operation hängen wesentlich von der Entfernung ab, in welcher beide Schnitte von einander angelegt werden. Ist sie klein, so wird bei keiner Thierart irgend eine merkbare Spur von willkührlicher Bewegung und Empfindung mehr beobachtet; ist die verbindende Brücke länger, so können Reste jener Thätigkeiten zur Beobachtung kommen. Im allgemeinen sind jedoch Versuche dieser Art noch an zu wenig Stellen des Rückenmarks ausgeführt, so dass

---

1 Meines Wissens zuerst in den Compt. rend. d. l. soc. d. biologie. I. p. 192. 1850 und später in zahlreichen Abhandlungen. Die Schriften der anderen Forscher sind schon gelegentlich verzeichnet.

aus ihnen über den Verlauf einzelner Nervenwege noch nicht Viel, namentlich nicht über die wahre Natur der noch bestehenden Erscheinungen, geschlossen werden kann. — Weiter hat man noch versucht, das Rückenmark in der Medianlinie in zwei gleiche laterale Theile zu theilen, also schon einen von GALEN angestellten Versuch zu wiederholen. v. BEZOLD[1], welcher derartige Versuche bei Fröschen ausführte, behauptet, dass Längsschnitte durch die Mittellinie des Marks in beliebigen Höhen und in beliebiger Ausdehnung in Nichts die Bewegungen und deren Harmonie stören. VAN KEMPEN stimmt für Längstheilungen in der Lumbodorsalregion derselben Thiere bezüglich der Bewegung mit v. BEZOLD überein, die bewusste Empfindung aber lässt er eine Abnahme erleiden. Bei Verlängerungen des Medianschnittes bis zum Ursprung des verlängerten Marks sah v. BEZOLD die gesammte willkührliche Bewegung und die bewusste Empfindung verschwinden. Auch an Säugethieren hat VAN KEMPEN[2] Längstheilungen versucht. Solche, in der Höhe des 5.—6. Halswirbels ausgeführt, ergaben unvollkommene Lähmung in beiden hinteren Extremitäten. BROWN-SÉQUARD lehrt, dass bei Säugethieren durch einen Longitudinalschnitt in der Medianebene das Gefühl beider Seiten innerhalb der Gebiete der Nerven verloren gehe, welche von dorther ihren Ursprung nehmen.[3]

Endlich sind noch die Erfahrungen anzuführen über die Erfolge der Reizung der sogenannten motorischen Centren des Grosshirns nach vorausgegangenen Hemisectionen des Rückenmarks. Aus ihnen hat sich nach von BALIGHIAN[4] ausgeführten Versuchen ergeben, dass nach einer Hemisection im Epistropheus bei Reizung des Grosshirns in den Vorderbeinen der gesunden Seite keine Bewegungen mehr erhalten werden können. Ein gleiches Resultat wird erhalten, wenn man in den nächsten Wirbeln noch oberhalb des plexus brachialis durchschneidet, dabei jedoch die Vorsicht gebraucht, dass man vorher diejenigen Nerven durchschneidet, welche auf der Seite des Schnittes oberhalb desselben vom Mark zu Muskeln gehen, welche zur Bewegung der vorderen Extremität mit beitragen helfen. Diese Versuche versprechen in ihrer Ausdehnung auf den Hund, bei welchem die motorischen Centren eine schärfere Localisation haben und auch die Bewegungen der hinteren Extremität in Betracht gezogen werden

1 v. BEZOLD, Ueber die gekreuzten Wirkungen des Rückenmarks. S. 13.
2 VAN KEMPEN l. c. S. 32.
3 z. B. Compt. rend. 6. Oct. 1857.
4 J. BALIGHIAN, Beiträge zur Lehre von der Kreuzung der motorischen Innervationswege im Cerebrospinalsystem. Eckhard's Beiträge z. Anat. u. Physiol. VIII. S. 193.

können, bezüglich des Zugs der motorischen Nervenwege durch das Rückenmark noch manchen Aufschluss. Ihr Werth wird zur Zeit jedoch noch dadurch eingeschränkt, dass der Beweis nicht hat geführt werden können, es handle sich um solche Wege, welche die vom Willen eingeleiteten Erregungen betreten, sowie auch nicht dafür, dass ausser von den motorischen Centren nicht auch noch von andern Stellen aus dieselben Muskeln willkührlich bewegt werden können.

Obschon bei der Vorführung der Versuche von S. 158 bis hierher gelegentlich eine Bemerkung über den einen oder anderen sich daraus ergebenden Schluss gemacht worden ist, so wird es doch gut sein, noch einmal kurz und vollständig zusammenzustellen, was sich aus ihnen im Anschluss an Satz 4 ergibt. a) Für den Menschen steht fest, dass bis hoch in das Halsmark hinein eine Kreuzung willkührlich motorischer Innervationswege innerhalb des Rückenmarks nicht besteht. Dagegen ziehen die Wege, welche den von der Haut des Stammes und der Extremitäten aus erzeugbaren Empfindungen dienen, jedenfalls theilweise auf der entgegengesetzten Seite innerhalb des Rückenmarks in die Höhe. Mehr lässt sich in Anbetracht der oben mitgetheilten Erfahrungen zur Zeit nicht sagen. Für Säugethiere und Vögel scheint dieselbe motorische Anordnung zu bestehen; denn mehre gute Beobachter haben bezüglich der motorischen Wege durch verschiedene Versuchsformen keine Andeutung von Kreuzungen dieser Wege innerhalb des Marks erhalten. Allerdings stimmen nicht alle Beobachter in diesem Punkte überein und mag man der Vorsicht halber sich nicht allzu positiv ausdrücken. Für den Lauf der Empfindungswege sind zahlreiche Erfahrungen über zum mindesten t h e i l w e i s e bestehende Kreuzung vorhanden, wobei jedoch daran zu erinnern ist, dass über die Anwesenheit bewusster Empfindungen bei Thieren zur Zeit kein absoluter Beweis zu führen ist. Dagegen ist bei Fröschen der Verlauf der Innervationswege im Mark ein anderer. Hier führen vom Gehirn her motorische Bahnen zu einem Gliede auf beiden Seiten und es gibt also bei diesem Thiere solche, welche die Sagittalebene des Rückenmarks durchziehen. Ein Gleiches kann für die Empfindungswege angenommen werden, wenn man den strengsten Anforderungen für den Nachweis von Empfindungen entsagt. b) Die motorischen Innervationswege nach den Muskeln hin scheinen nicht so festliegende Bahnen zu sein, dass eine zu einem bestimmten Muskel hin führende unter allen Umständen benutzt werden müsste, sondern es scheint eine gewisse Latitude zu bestehen, innerhalb derer bald hier, bald da die Bewegung je nach

Umständen vorschreitet. Dies deuten nicht allein die Versuche WOROSCHILOFF's über den Seitenstrang, sondern auch die Erfolge hoher halbseitiger Rückenmarksdurchschneidungen beim Frosche an. Unzweifelhaft hat bei dem letzteren jede Hälfte Bedeutung für die Bewegung, dennoch ändert die Trennung einer Hälfte in der Gegend des Atlas Nichts an ihr. Für die Empfindungswege gilt wahrscheinlich ein Gleiches. c) Den ganzen Verlauf aber beider Arten von Innervationswegen innerhalb des Rückenmarks kann man zur Zeit nicht aufzeichnen. Man kann nur noch von den Empfindungsvorgängen sagen, dass sie sich nicht auf die weissen Stränge beschränken, sondern auch die graue Substanz berühren. Das durch das Microscop nachgewiesene Eindringen der hinteren Nervenwurzeln in jene, die Empfindlichkeit der cerebralen Durchschnittsfläche der hinteren grauen Hörner, das Hinübertreten der Empfindungsbahnen aus einer Rückenmarkshälfte in die andere unter Berücksichtigung des Umstandes, dass die vordere weisse Commissur nur in Beziehung zu den vorderen Wurzeln und vorderen Strängen steht, bieten die hervorragendsten Anhaltspunkte. Auf weiter gehende Angaben über einzelne Punkte des Verlaufs der beiden Innervationswege, um die es sich hier handelt, mag ich mich wegen ihrer unsichern Begründungsart nicht einlassen.[1] Sie anzuführen, ohne die Art, wie man sie zu begründen sucht, zu würdigen, würde nicht befriedigen, eine eingehende Kritik aber mehr Raum verlangen, als mir angewiesen ist.

Hyperästhesie und Anästhesie nach Rückenmarksverletzungen.

Bei der Gelegenheit, mittelst Durchschneidungsversuche sich über die Topographie der Leitungsbahnen im Rückenmark zu unterrichten, stiess zuerst FODERA[2] auf die Thatsache, dass er nach Durchschneidung des hintersten Theiles des Marks eine Steigerung der Gefühlsreactionen beobachtete. Gleiche oder auch auf eine Erhöhung von Reactionen in der Sphäre der Motilität sich beziehende Wahrnehmungen sind dann von SCHIFF, v. BEZOLD, BROWN-SÉQUARD, SETSCHENOW, TÜRCK, W. MÜLLER, WOROSCHILOFF und vielen praktischen Aerzten bei verschiedenartigen Verletzungen und Erkrankungen des Rückenmarks beobachtet und beschrieben worden. Auch sind Erfahrungen der umgekehrten Art, eine Abnahme der Gefühlserscheinungen, bekannt geworden. Um den wesentlichsten In-

1 Wer das Bedürfniss empfindet, solche und die Art ihrer Begründung kennen zu lernen, der lese SCHIFF, Lehrbuch der Physiol. I. S. 237 ff.

2 FODERA, Recherches expériment. sur le syst. nerv. Magendie's Journ. de physiolog. III. p. 191. 200. 1823.

halt dieser Lehre von der Hyperästhesie, Hyperkinesie und Anästhesie auseinander zu setzen, gehe ich von Erfahrungen am Menschen aus, da hier über die fraglichen Zustände die beste Auskunft zu erhalten ist. Aus leicht begreiflichen Gründen wähle ich zur Autopsie gekommene, traumatische Rückenmarksverletzungen aus. Der S. 163 erwähnte von W. Müller beschriebene Fall wies auf der verletzten Seite Hyperalgesie und auf der anderen Anästhesie nach. Auf der ersteren wurden intensivere Reize, wie Druck, Stoss, Kälte, als stechender Schmerz sehr lebhaft empfunden, die andere Seite war gegen dieselben Reize unempfindlich. Oberflächliche Berührungen wurden auf beiden Seiten nicht wahrgenommen. In wieweit dies damit zusammenhängt, dass der Schnitt noch den Hinterstrang der anderen Seite traf[1], oder eine andere Ursache hatte, wird durch zukünftige Versuche aufzuklären sein. Von irgend einer bestehenden Hyperkinesie wird Nichts berichtet. Im Frankfurter Fall fand sich dies Alles ebenso; nur werden hier noch die beiden Zusätze gemacht, dass auf der verletzten Seite leiser Druck und Streicheln auch als Schmerz empfunden worden seien und dass auf der nicht verletzten Seite erhöhte Reflexbewegung auffällig gewesen sei. Ob und wie im Laufe der Zeit nach der Verletzung diese Erscheinungen sich geändert haben, ist nicht recht klar, die Hyperästhesie hat in dem einen längere Zeit beobachteten Fall zwar nachgelassen, aber da der Kranke dem Tode entgegenging, so ist kein rechter Verlass auf den Gang dieser Erscheinung. Vollkommene halbseitige Rückenmarksdurchschneidungen haben bei Säugethieren ähnliche Resultate ergeben.[2] Auf der verletzten Seite zeigen sich Reactionen, unter denen sich oft solche finden wie z. B. Schreien, aus denen sich gleichfalls auf eine reine Hyperästhesie in der Form von Hyperalgesie schliessen lässt, aber auch solche, wie z. B. erhöhte Beweglichkeit, über welche man streiten kann, ob es Bewegungen in Folge eines empfundenen erhöhten Schmerzes oder des Reflexes seien. Die Mehrzahl der Forscher, die sich mit diesem Gegenstand beschäftigt haben, sieht jene Reactionen als Ausdruck erhöhter Empfindlichkeit an, Andere, wie namentlich Chauveau[3], vertheidigen

---

1 Siehe oben S. 155.

2 L. Türck, Ueber den Zustand der Sensibilität nach theilweiser Trennung des Rückenmarks. Ztschr. d. k. k. Ges. d. Aerzte zu Wien. I. S. 189. 192. 7. Jahrg. 1851; Brown-Séquard, Experimental and clinical researches on the physiol. etc. Richmond 1855; Gaz. méd. d. Paris. Juillet 1855 und an vielen anderen Stellen, deren sämmtliche Anführung überflüssige Länge sein würde. Ueber Prioritätsansprüche siehe Schiff's Lehrbuch etc. I. S. 240; v. Bezold, Ueber die gekreuzten Wirkungen des Rückenmarks. S. 50.

3 Compt. rend. 1857.

die letztere Ansicht. In Anbetracht, dass im Grossen und Ganzen die Leitungsfähigkeit des menschlichen Rückenmarks mit der des Marks bei Säugethieren zu stimmen scheint, ist die erstere Deutung wahrscheinlich die richtige. Diese Hyperästhesie, wenn auch schon kurze Zeit nach dem Schnitt vorhanden, erreicht ihren Höhepunkt erst nach Verlauf von einigen Stunden, hält sich dann eine Zeit lang auf bestimmter Höhe und nimmt später wieder ab.[1] Ueber die Eigenschaften der der Verletzung entgegengesetzten Seite gehen die Aussagen auseinander. BROWN-SÉQUARD gibt für sie Anästhesie an und TÜRCK[2] bestätigt sie. SCHIFF[3]. ertheilt ihr nur eine Abstumpfung gegen Druck zu unter Beibehaltung der Tastempfindlichkeit und v. BEZOLD erwähnt nur das Fortbestehen des Ortssinnes besonders.[4] In wieweit diese letzten Erscheinungen ihre Parallele beim Menschen haben, lässt sich zur Zeit nicht entscheiden. Die oben erwähnten Fälle scheinen einen Parallelismus nach dieser Seite hin zu verneinen, aber es ist zu bedenken, dass in dem einen Fall die Durchschneidung in den hinteren Strang der anderen Seite hinübergriff und im anderen kein genauer Bericht über die Ausdehnung der Rückenmarkswunde vorliegt. Bei Fröschen sah TÜRCK[5] auf der Seite der halbseitigen Trennung gleichfalls hyperästhetische Erscheinungen; dieselben wurden daraus erschlossen, dass der in verdünnte Säure getauchte Schenkel nach der Operation in viel kürzerer Zeit herausgezogen wurde, als zuvor. SETSCHENOW[6] sah neben der Hyperästhesie auf der verletzten Seite Verminderung der Sensibilität auf der anderen. Eine der Hemisection vorausgegangene Längstheilung des Marks in der Mittellinie soll das angegebene Resultat nicht ändern. Ob es sich bei diesem Thiere um bewusste Empfindungen handelt, bleibt unklar und daher ebenso, ob diese Erscheinungen mit den analogen am Menschen zum Theil zu identificiren sind. Vollkommen sind sie auf keinen Fall damit identisch und weichen sie auch von den bei Säugethieren beobachteten ab, weil nämlich die grössere Beweglichkeit der Thiere auf der Seite des Schnittes unterhalb desselben weder beim Mensch noch den Säugethieren beobachtet ist. Auch bei anderen Arten von Rückenmarksläsionen sind überästhetische Erschei-

---

1 SCHIFF, Lehrbuch der Phys. I. S. 258.

2 L. TÜRCK, Ergebnisse physiologischer Untersuchungen. Sitzgsber. d. Wiener Acad. Math. naturw. Cl. VI. S. 427. 430. 1851.

3 SCHIFF l. c. S. 260.

4 v. BEZOLD l. c. S. 51.

5 TÜRCK, Ztschr. d. k. k. Ges. d. Aerzte in Wien. I. S. 189. 7. Jahrg. 1851.

6 SETSCHENOW u. PASCHUTIN, Neue Versuche am Hirn und Rückenmark des Frosches. S. 9 ff. 1865.

nungen zu Tage getreten. FODERA, SCHIFF [1] und BROWN-SÉQUARD [2] sahen sie nach Verletzung eines und beider Hinter- und TÜRCK [3] nach der der Seitenstränge, WOROSCHILOFF [4] hat die bekannten Erfahrungen um einige neue vermehrt. Er schnitt bei Kaninchen das Lendenmark an seinem oberen Theil bis auf den Seitenstrang einer Seite durch. Dann fand er die hintere Extremität der gesunden Seite unter-, die der anderen überempfindlich. Die Grösse der Empfindlichkeit wird bestimmt nach der Grösse der Reize, welche auf die Hinterpfoten der beiden Seiten anzuwenden waren, um Bewegungen in den Vorderpfoten zu erzielen. Diese Erfahrung ist identisch mit dem vorher erwähnten Erfolg der lateralen Hemisection, wenn man TÜRCK's Erfahrung in Betracht zieht, dass schon die Durchschneidung des Seitenstrangs auf der Seite des Schnitts in abwärts von diesem gelegenen Theilen Hyperästhesie gibt und wenn man die Bewegungen des Vorderkörpers als Folge bewusster Gefühlseindrücke ansieht. Aber selbst wenn man Letzeres unterlässt, ist's doch erlaubt, von einer Hyperästhesie etc. centripetalleitender Nerven zu sprechen. Zog er nach Durchschneidung eines Seitenstranges die Bewegung der Hinterbeine auf diese treffende Hautreize in Betracht, so erhielt er auf schwache Drücke der gesunden Seite starke Bewegung im entsprechenden Hinterbein, auf starke Drücke der verletzten Seite schwache Bewegung im correspondirenden Hinterbein und starke im anderen. Diese Eigenthümlichkeiten der Bewegungen der Hinterbeine traten auch bei der vorigen Versuchsart auf. Diese reflectorische Hyperkinesie im Hinterbein der gesunden Seite ist das Analogon zu einer von WEISS am Menschen gemachten Beobachtung.[5] WOROSCHILOFF merkt noch an, dass die Hyperästhesie, welche man durch Verletzung eines Seitenstranges erzeugt hat, man durch eine gleiche Verletzung des anderen wieder heben kann.[6] Dies will so ohne Weiteres nicht stimmen mit einer Angabe von BROWN-SÉQUARD, gemäss welcher bei Fröschen und Säugethieren nach der Durchschneidung beider Hinterstränge auf beiden Seiten sich Hyperästhesie einstellt; besondere Versuche haben dies noch ins Klare zu stellen. Um diese Erscheinungen zu zergliedern, ist in erster Linie

---

1 SCHIFF in den Berner Schriften von 1853.

2 BROWN-SÉQUARD, Nouvelles recherches sur la phys. de la moëlle épinière. Dessen Journ. I. p. 139. 1858.

3 L. TÜRCK, Ergebnisse physiol. Untersuchungen etc. Sitzgsber. d. Wiener Acad. Math.-physik. Cl. VI. S. 427. 1851.

4 WOROSCHILOFF, Der Verlauf der motorischen und sensibeln Bahnen etc. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-physik. Cl. XXVI. p. 248. 1874.

5 Siehe oben S. 169.

6 WOROSCHILOFF l. c. S. 287.

festzuhalten, dass die Formen, in denen sie auftreten, nicht bei allen Thierklassen dieselben sind und auch schwerlich die Erläuterungen, welche man für ein bestimmtes Thier versucht, für jedes andere gelten. Für die am Frosche bekannten Erfahrungen suchte zuerst Setschenow eine Erklärung zu geben.[1] Dieselbe beruht der Hauptsache nach auf dessen Theorie der Hemmungsmechanismen. Sie ist aber nur für die Erklärung der Erscheinungen am Frosch angelegt und passt daher nicht auf die davon verschiedenen beim Menschen und den Säugethieren. Beim Frosch ist, wie oben erwähnt, bei lateraler Hemisection die Extremität unterhalb des Schnittes derselben Seite auf Reize, welche sie treffen, überbeweglich, die andere analoge unter denselben Umständen unter der Norm beweglich. Den letzteren Theil der Erscheinung erläutert Setschenow durch die Annahme, es wirke auf die cerebrale Durchschnittsfläche ein Reiz, welcher eine centripetale Nervenerregung hervorrufe, die ihrerseits innerhalb des Gehirns die von ihm angenommenen Hemmungsmechanismen errege, welche schliesslich die Entstehung der Reflexe auf der gesunden Seite beschränken. Die Reflexverstärkung auf der verletzten Seite deutet er sich gleichfalls durch einen schwachen, auf die caudale Schnittfläche wirkenden Reiz, selbst nicht ausreichend, Bewegung hervorzurufen, aber doch die Erregbarkeit erhöhend. Welches bei der längeren Dauer der hyperästhetischen Erscheinungen der Reiz sei, hat er nicht genügend ausmitteln können. Dass bei diesem Thier die Hyperästhesie mit dem Gehirn einen Zusammenhang habe, scheint kaum wahrscheinlich, da nach vollständiger Trennung des Marks vom Gehirn beide Seiten in nahezu gleichem Grade hyperästhetisch werden. Mit vollkommener Sicherheit aber lässt sich nicht behaupten, dass die nach halbseitiger Marktrennung abwärts vom Schnitte auftretende Hyperästhesie nicht zum Theil durch eine grössere bewusste Empfindlichkeit mit bedingt werde. Wie bereits angedeutet, erschliessen diese Erläuterungen aber nicht das Verständniss weder der klaren Hyperalgesie beim Menschen, noch der Ueber- und Unterempfindlichkeit bei Säugethieren. Im ersteren Fall handelt es sich *bestimmt*, im zweiten mit *grösster Wahrscheinlichkeit* um bewusste Empfindungen. Ausserdem sind die Motilitätsverhältnisse auf der Seite des Schnittes unterhalb desselben andere als beim Frosch. Woroschiloff hat, um diese und die vorher erwähnten anderen Eigenthümlichkeiten verständlich zu finden, centri-

1 Es ist zwar schon vor Setschenow durch Türck eine Theorie der Hyperästhesie versucht worden, sie scheint mir aber nicht ausreichend klar und einleuchtend. Vergl. Zeitschr. d. k. k. Ges. d. Aerzte in Wien I. S. 197. 7. Jahrg. 1851.

petalleitende Hemmungsnervenfasern in den Seitensträngen angenommen, welche, an der Peripherie erregt, im Gehirn die Uebertragungen auf die bewegenden Fasern erschweren und wenn durchschnitten, dieselben erleichtern. Da der Empfindungszustand hier gemessen wird durch die Grösse der Bewegungen in den Vorderbeinen, so konnte die Wirkung der centripetalleitenden Hemmungsfasern auf das Gehirn nicht durch eine Bezugnahme auf die beim Menschen stattfindende Hyperalgesie ausgedrückt werden, was zu geschehen hat, wenn man diese durch dieselbe Hypothese erläutern will. Hält diese jede zukünftige Prüfung aus, so würden wir dadurch die Eigenschaften der Rückenmarksstränge um eine weitere vermehren und, um deren volle Bedeutung zu würdigen, würde man in Zukunft nicht allein von der Topographie der uns bisher geläufigen Innervationswege, sondern auch noch von denen, auf welchen die eben erwähnten, die Empfindungen hemmenden und die oben bei den Hemmungsmechanismen [1] angedeuteten, die Bewegungen beschränkenden sich bewegen, zu reden haben. Dadurch würden den Hinter- und Vordersträngen mehr Functionen zukommen, als man gewöhnlich bisher von denselben darstellt.

II. Verlauf der motorischen und sensiblen Nervenwege innerhalb des Gehirns.

Hierüber sind zur Zeit ausserordentlich wenige Thatsachen bekannt. Es kann wohl hier und da ein Bruchstück davon verzeichnet und mit einem anderen verknüpft werden, aber wir sind noch weiter als beim Rückenmark davon entfernt, ein nur einigermassen befriedigendes Bild von den wirklich bestehenden Verhältnissen zu entwerfen. Was zunächst die Lagerung der motorischen Wege anlangt, so sind es vorzugsweise zwei Mängel, welche die klare Einsicht versperren und einer Erwähnung bedürfen, damit man in der Unterhaltung über diesen Gegenstand den gebrauchten Worten nicht einen schärferen Sinn unterlege, als den wirklich gewonnenen Erfahrungen entspricht. Der erste betrifft die Unklarheit, in welcher wir uns über die Art der Entstehung der motorischen Erregung innerhalb des Gehirns befinden. Man muss die Möglichkeit zugeben, dass irgend ein Weg daselbst für die Erzeugung der Motilität Bedeutung haben kann, ohne dass sich auf ihm ein bereits in allen Beziehungen fer-

---

1 Siehe oben S. 37.

tiger motorischer Innervationsvorgang bewegt. Würden wir, um dies an einem Beispiel klar zu machen, nicht auch beim Rückenmark, wenn wir bei Reizung einer hinteren Wurzel, ohne vorher Kenntniss von der Sensibilität derselben zu haben, Bewegung erhalten, glauben können, diese selbst stelle einen motorischen Weg dar? Der zweite ist in dem Umstand gegeben, dass innerhalb des Gehirns für die Motilität bedeutsame Wege zu verschiedenen Hirnpunkten führen, wo sie verschiedene eigenthümliche Anregungen erfahren, wir aber nicht wissen, bis zu welchem Grade wir es rechtfertigen können, wenn wir jene seelisch-motorische, oder reflectomotorische nennen. Unter Berücksichtigung dieser beiden Umstände empfiehlt es sich, wenn man von motorischen Innervationswegen innerhalb des Gehirns spricht, den Defecten unserer jetzigen Kenntniss Rechnung tragend, dabei nur an für die Motilität wichtige Wege im Allgemeinen zu denken und nicht den scharfen Sinn damit zu verbinden, den wir sonst diesem Ausdruck beilegen. Nach dieser Verständigung ist nun zuerst darauf aufmerksam zu machen, dass es innerhalb des Gehirns für einen und denselben Muskel sehr verschiedene Wege gibt. Man illustrirt sich dies am besten, wenn man daran denkt, wie der Frosch nach Abtragung des Gehirns unmittelbar vor dem Cerebellum seine Körpermuskeln so innervirt, dass, auf den Rücken gelegt, er in die Bauchlage kommt, nach Abtragung des Grosshirns dagegen so, dass er noch klettert und springt, endlich bei Integrität seines gesammten Gehirns jede beliebige Bewegung ausführt. Zur Motilität bezügliche Wege reichen also jedenfalls bis zu diesen Punkten; ihre Zahl wird in Wirklichkeit aber viel grösser sein. Jede einzelne Bahn von je einem Muskel bis zu diesen verschiedenen Punkten zu traciren ist eine Unmöglichkeit. Aber selbst näher liegende, verhältnissmässig einfachere Fragen können noch nicht beantwortet werden. Niemand vermag z. B. zu sagen, ob die von den drei genannten und anderen Punkten aus führenden Wege irgend wo in einen einzigen hinein münden, oder ob einem jeden von Anfang bis zu Ende ein besonderes Wegsystem entspricht, oder ob der von einer Erregungsstelle ausgehende Weg über eine oder mehre andere führt, obschon uns das letztere als das natürlichere vorkommt, da die anderen möglichen Anordnungen uns als überflüssige Weganlagen erscheinen. Ebenso wenig reichen die vorliegenden Versuche aus, einen Vergleich der angedeuteten verschiedenen Wege bei verschiedenen Thieren und insbesondere beim Menschen zu versuchen. Zu Einzelheiten übergehend und uns nur an die an Menschen und Säugethieren gemachten Erfahrungen haltend, wäre aufmerksam zu machen:

1. Auf die Thatsache der Kreuzung.

Für die durch die motorischen Kopfnerven vermittelten Innervationswege wird dieselbe angedeutet durch die Angabe der Histologen über die intracerebrale Kreuzung einiger Gehirnnerven. Man versichert, dass die Trochleares und Hypoglossi die besten Bilder lieferten. Es ist jedoch nicht zu verschweigen, dass hier erneute Untersuchungen nöthig sind. SCHROEDER VAN DER KOLK läugnet eine Kreuzung der Trochleares, peripher von ihren Kernen gelegen, und EXNER sah bei Reizung des Trochleariskerns auf einer Seite keine entsprechende Bewegung am Auge der anderen.[1] Dagegen sind physiologische Erfahrungen vorhanden, aus denen ohne Zweifel eine Kreuzung der motorischen Innervationswege der Kopfnerven folgt, insbesondere wenn man der Vorsicht wegen sich der Eingangs gemachten Bemerkungen erinnert. So giebt Reizung des sogenannten Facialiscentrums Zuckung im Facialisgebiete der anderen Seite. Bei rechts im Hirn gelegenen Lähmungsursachen kommen Lähmungserscheinungen im linken Facialis und linken Hypoglossus vor. Einseitige Verletzungen des verlängerten Marks geben Verstellungen beider Augen u. dgl. m. Die Orte der Kreuzung dieser Innervationen sind noch durch besondere Versuche aufzuhellen. Für die Kreuzung der durch Rückenmarksnerven vermittelten Innervationsvorgänge geben die Erfolge der Hirnreizungen und Hirnläsionen, welche stets auf der der Seite des Eingriffs entgegengesetzten auftreten, hinlängliches Zeugniss für diejenigen Geschöpfe, für welche nach S. 163 keine Kreuzung willkührlich motorischer Nervenwege innerhalb des Marks existirt. Auch werden die folgenden Mittheilungen hierfür noch Belege geben.

2. Auf die Erfahrungen, dass ein grosser Theil dieser Kreuzungen, wenn nicht alle, in der Brücke und dem verlängerten Mark geschieht.

GLIKY[2] sah die gekreuzten Wirkungen, welche er durch Reizungen der Grosshirnhemisphäre erhielt, fortbestehen, nachdem er alle Commissurentheile bis zu dem hinteren Vierhügelpaar hin in der Mittellinie des Gehirns getrennt hatte und BALIGHIAN[3] zeigte, wie die für die vorderen Extremitäten bestimmten motorischen Innervationswege sich auf einer Strecke kreuzen, die schon in der Gegend der Brücke anfängt, sich im ganzen Verlauf des verlängerten Marks

1 BRÜCKE, Vorlesungen über Physiologie. II. S. 80. 2. Aufl. 1876.

2 W. GLIKY, Ueber die Wege, auf denen die durch electrische Reizung etc. Meine Beiträge. VIII. S. 177. 185. 1875.

3 J. BALIGHIAN, Beiträge zur Lehre von der Kreuzung der motorischen Innervationswege im Cerebrospinalsystem. Meine Beiträge VIII. S. 193.



fortsetzt und wahrscheinlich in der Höhe des Atlas ihr Ende findet. So erhielt derselbe nach rechtsseitiger Hemisection des verlängerten Marks am hinteren Brückenrande bei rechtsseitiger Reizung des Grosshirns noch Bewegungen im linken Vorderfuss, während nach einer halbseitigen Trennung des Marks rechts in der Höhe des Epistropheus von der linken Grosshirnhemisphäre aus in der rechten vorderen Extremität keine Bewegung mehr zu erzeugen war. Bei Hemisectionen an Orten zwischen diesen beiden Stellen war das Resultat dem des ersten Versuchs gleich. Ich habe diese Versuche vorangestellt, nicht weil ich der Meinung bin, dass durch sie überhaupt zum ersten Male der Ort der Kreuzung für die motorischen Rückenmarksnerven festgelegt wäre, sondern weil ich die ihnen zu Grunde liegende Methode für diejenige halte, durch welche man am einfachsten überzeugend jenen nachweisen kann. Ich weiss recht gut, dass die folgenden, älteren Erfahrungen in demselben Sinn sprechen, wenn auch nicht mit gleicher Sicherheit. Bekannt sind die Angaben der macroscopischen und microscopischen Anatomie über Kreuzungen im oberen Theil des verlängerten Marks und der Brücke und zwar in Regionen, bis wohin man anscheinend motorische Elemente verfolgt hat. Es ist ferner auf die Lähmungen hingewiesen worden, welche bei Hemisectionen des verlängerten Marks [1] auf der Seite des Schnittes auftreten im Vergleich mit denen, welche bei Hirnläsionen auf der entgegengesetzten Seite sich finden. Endlich hat man auch bei Reizungen des verlängerten Marks in der Nähe des Pons unter anderen Bewegungen solche auf der der gereizten entgegengesetzten Seite beobachtet.[2] Ueber weitere Einzelheiten der erwähnten Kreuzung macht Schiff [3] noch Angaben, welche an Ort und Stelle nachzusehen sind.

3. Dass ein Theil der motorischen Wege innerhalb des Gehirns in den Grosshirnschenkeln und der inneren Kapsel liegt.

Nach Versuchen von Gliky [4] kann man an durch das Gehirn von Kaninchen gelegten Frontalschnitten, die man in verschiedenen Ebenen anlegt, durch Reizung der weissen Fasermassen, welche die innere Kapsel, den Stabkranz oder den Fuss des Hirnstieles blosslegen, Gliedermuskeln der entgegengesetzten Seite anregen. Dabei ist es bemerkenswerth, dass die electrische Erregung, welche hierbei

1 M. Schiff, Lehrbuch der Physiologie des Menschen. I. Muskel- und Nervenphysiologie. S. 314. Lahr 1858—59.
2 Budge, Untersuch. über das Nervensystem. I. S. 21; M. Schiff l. c. S. 319.
3 M. Schiff l. c. S. 320.
4 Gliky l. c. S. 183 ff.



immer in Anwendung kam, falls sie den Durchschnitt des corpus striatum traf, sich unwirksam erwies, was gegenüber einer gegentheiligen Annahme zu betonen ist.[1] Es scheint also, dass die durch künstliche Reize erregbaren Bahnen der motorischen Innervationswege das corpus striatum vermeiden. Versuche, in welchen die Prüfung auf Motilität durch Beobachtung etwa bestehender Lähmungen geschah, führten zu demselben Resultat, wenigstens in seinem ersten Theil. VEYSSIÈRE[2] verletzte bei Hunden die Theile, welche GLIKY in seinen Versuchen electrisch reizte, und sah mehr oder weniger deutliche Hemiplegie. Oft verschwand dieselbe wieder, was aber bei der unvollkommenen Trennung der motorischen Wege an jenen Orten nicht Wunder nimmt. Erfahrungen am Menschen sind diesem experimentellen Ergebniss nicht entgegen, aber nur die Fälle sind mit den beschriebenen Versuchen zu vergleichen, in denen es sich bei der Bestimmung des Krankheitssitzes nicht allgemein um die regio optico-striata, sondern ausschliesslich um die angedeuteten Theile handelt. Die bei der Besprechung des Verlaufs der Empfindungswege citirten Schriften geben hinlängliche Belege dafür, dass sich diese Angelegenheit beim Menschen wesentlich so wie bei den Säugethieren verhält.

4. Dass die bisherigen Versuche eine bestimmte motorische Bahn in ihrem Verlaufe auf eine längere Strecke genau anzugeben nur einige wenige Thatsachen zur Kenntniss gebracht haben.

Es liegt bei dem Stande unserer jetzigen Kenntnisse nicht aus dem Bereiche der Möglichkeit, diese Lücke auszufüllen. Ein gut localisirtes Centrum der Grosshirnrinde auswählend, würde sich nach der von BALIGHIAN gebrauchten Methode die Topographie des Weges ausmitteln lassen, auf welchem sich die von jenem aus erregbaren Innervationsvorgänge bis zu den bestimmten Muskeln bewegen. Zur Zeit ist aber dieser Weg noch nicht betreten. Einen anderen Weg, welcher aber in seiner Ausführung zeitraubender, vielleicht auch nicht so sicher, als der eben angegebene ist, hat TÜRCK gezeigt.[3] Dieser sagt, dass wenn bei Krankheitsheerden im Gehirn und Rückenmark die Leitung in den Nervenwegen längere Zeit unterbleibt, sich in diesen Körnchenzellen in bedeutender Zahl entwickeln, so dass man

1 BURDON-SANDERSON, Notiz über die electrische Reizung des Corpus striatum. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874. S. 548.

2 RAPHAEL VEYSSIÈRE, Recherches cliniq. et expériment. sur l'hémianesthésie. p. 73. Paris 1874. Der experimentelle Theil dieser Arbeit ist auch publicirt in den Archives de Physiologie. Mars — Mai 1874.

3 L. TÜRCK, Ueber secundäre Erkrankung einzelner Rückenmarksstränge. Stzgsber. d. Wiener Acad. Math.-naturw. Cl. VI. S. 288. 1851; XI. S. 93. 1853.

um jene kennen zu lernen, nur nöthig habe, nach Feststellung der Krankheitserscheinungen während des Lebens nach dem Tode die entsprechenden Reihen von Körnchenzellen aufzusuchen. Die späteren Arbeiten auf diesem Gebiete haben TÜRCK's Angabe bestätigt und die Methode desselben, durch die Bemerkung, dass geringere Grade der Degenerationsprocesse durch Einwirkung der Chromsäure und ihrer Salze sichtbar gemacht werden können etc., vervollkommnet.[1] Unser Autor giebt nun an, auf die bezeichnete Art mehre Bahnen festgestellt zu haben. Eine erste, von ihm Pyramidenstrangbahn genannt, zieht vom Grosshirnschenkel abwärts auf derselben Seite durch die Brücke, die gleichnamige Pyramide, in der decussatio pyramidum des verlängerten Markes auf die andere Seite in die hintere Hälfte des Seitenstranges. Er gesteht derselben centrifugale Leitung zu, nimmt aber Anstand, sie mit voller Sicherheit für eine willkührlich motorische anzusprechen, denn er fand sie zwar bei manchen Hemiplegieen mit Körnchenzellen besetzt, aber in anderen Fällen auch die letzteren ohne vorausgegangene Hemiplegie und wiederum diese ohne besonders hervortretende Körnchenzellenbildung in der genannten Bahn.[2] Eine zweite belegt er mit dem Namen der Hülsen-Vorderstrangbahn. Dieselbe geht gleichfalls vom Grosshirnschenkel aus, zieht durch die gleichnamige Brückenhälfte, geht keine Kreuzung im verlängerten Mark ein, sondern setzt sich in dem innern Abschnitt des vorderen Rückenmarksstranges derselben Seite fort und führt erst im Rückenmark durch die vordere Commissur auf die andere Seite. Da dieselbe bei Hemiplegieen zugleich mit der vorigen Bahn mit Körnchenzellen besetzt gefunden werden kann, so ist zu vermuthen, meint TÜRCK, dass auch sie der Fortpflanzung motorischer Impulse diene. Auch für sie kommt es vor, dass man Hemiplegieen ohne Körnchenzellen auf ihr begegnet. Bekanntlich sind dies die Vorgänge der sogenannten absteigenden, secundären Degeneration.[3] Ich selbst habe diese Untersuchungsmethode nicht in der Ausdehnung geübt, dass ich sagen kann, wie gross die Sicherheit ist, mit der man sich auf ihre Resultate verlassen kann. Da Nervenwege offenbar unbrauchbar sein können, noch ehe sich Körnchenzellen auf ihnen entwickeln und andererseits Körnchenzellen ohne nennenswerthe Hemiplegie vorkommen können, so wird man wenigstens vorsichtig bei den aus ihr zu ziehenden Schlussfolgerungen sein müssen.

1 LEYDEN, Klinik der Rückenmarkskrankheiten. II. S. 301; W. MÜLLER, Beiträge zur pathologischen Anatomie und Physiologie. S. 9. 1871.
2 TÜRCK, Sitzgsb. d. Wiener Acad. VI. S. 304. 309.
3 Man vergl. hierzu noch: BOUCHARD, Dégénerations secondaires. Archives de médecine. p. 7. 447. 568. 1866.

Wenn man diese Angaben mit den Resultaten vergleicht, welche durch verschiedene Experimente über die Lagerung motorischer Elemente an einzelnen Hirnstellen, gemäss den vorhergemachten Angaben, gewonnen worden sind, so findet man, dass man dabei auf keinen wesentlichen Widerspruch stösst. Man erhält bei Kaninchen Bewegungen in der vorderen Extremität der entgegengesetzten Seite bei Reizung des das corpus striatum nach aussen umgebenden Markstreifens und des medialen Theiles des Fusses des Hirnschenkels, dagegen nicht bei Reizung des corpus striatum; die Kreuzungen sind gemäss den Ergebnissen der Experimente in die Brücke und das verlängerte Mark etwa bis in die Höhe des Atlas zu verlegen. Türck fand beim Menschen die Körnchenzellen auf nahezu denselben Wegen, wobei hervorzuheben, dass in Fällen, bei welchen der Krankheitsherd seinen Sitz in dem Marklager der Grosshirnhemisphären hatte, dabei das corpus striatum frei[1] davon war. Nur bezüglich zweier Punkte fehlt die Uebereinstimmung in den Resultaten der beiden Untersuchungsmethoden. Türck kennt keine Kreuzungen motorischer Bahnen in der Brücke und verlegt einen Theil jener in das Rückenmark. Es wäre indess möglich, dass beim Menschen die Lagerung der motorischen Wege etwas abwiche von der beim Kaninchen. Zu empfehlen wäre, dass bei einem Thiere beide Untersuchungsmethoden zu gleicher Zeit in Anwendung kämen.

Die Lehre von der Lagerung der Empfindungswege innerhalb des Gehirns ist gleichfalls noch in ihrer Kindheit. Da bei Thieren unsere Schlüsse über bei ihnen bestehende Empfindungen noch unsicherer als die über willkührlich motorische Bewegungen sind, so ist hier aus Experimenten nur auf den Verlauf von centripetal leitenden Wegen im Allgemeinen zu schliessen. Gewöhnlich pflegt man dies bei Versuchen nicht auszudrücken, allein es ist wünschenswerth, dies nicht zu vergessen. Das System sämmtlicher in dem Gehirn angelegter Empfindungswege erscheint uns bei einer Uebersicht über die hier einschlägigen Thatsachen viel verwickelter zu sein, als das für die Motilität bestimmte. Nicht genug, dass wir auch hier die Beobachtung machen, wie nach verschiedenen Verstümmelungen des Gehirns in den Resten desselben Empfindungen mit noch mehr oder minder Klarheit ausgearbeitet werden, oder doch beachtenswerthe Zeichen vorkommen, dass dem so sei und

---

1 Damit ist auch die mehrfach gemeldete Erfahrung in Uebereinstimmung, dass Verletzungen der eigentlichen Kerne des nucleus caudatus und des Linsenkern keine secundäre Degeneration erzeugen. z. B. Paul Berger in den Archives de Physiologie. 1874. p. 411; Türck, Sitzgsber. d. Wiener Acad. Math.-naturw. Cl. XI. S. 100. 1853.

woraus, wie vorher für die motorischen Wege, zu schliessen, dass die Empfindungsbahnen bis zu diesen verschiedenen Orten reichen und unter sich wenigstens für gewisse Strecken verschieden sein müssen; nicht, sage ich, genug dieses Umstandes, es kommen hier noch andere Erfahrungen in Betracht, welche augenscheinlich noch für längere Zeit das Verständniss erschweren werden. Hierher gehören einmal die, wenn auch noch nicht ganz sicher gestellten, so doch auf Grund von einander unabhängiger Prüfungen und Erfahrungen gemachten Angaben, dass Empfindungsstörungen, namentlich im Gebiete der höheren Sinne, nach Verletzungen von solchen Hirnstellen vorkommen, bis wohin die Anatomie auch noch nicht einmal andeutungsweise die Bahnen der Sinnesnerven verfolgt hat. Auf diesen Punkt will ich indess nicht näher eingehen. Dann aber zählt hierher die ganze Reihe der unter dem Namen der partiellen Empfindungslähmungen bekannten Erscheinungen. Bekannt ist der Daltonismus des Auges und die Mangelhaftigkeit oder das gänzliche Fehlen einzelner Geruchs- und Geschmacksempfindungen. Für gewöhnlich bezieht man indess jenen Ausdruck nur auf analoge Erscheinungen in der Sphäre der sensiblen Hautnerven. Wenn ein Hautnerv in seiner Continuität getrennt wird, so geht das bezügliche Hautstück einer ganzen Anzahl von Empfindungsqualitäten verlustig; die Empfindungen des Schmerzes, des Druckes, des Ortes, der Temperatur gehen ihm verloren. Die diesen zu Grunde liegenden Nervenerregungen haben sich sämmtlich vorher in der einen, nunmehr durchschnittenen Nervenbahn fortgepflanzt. Ob dafür eben so viele verschiedene Nervenfaserarten vorhanden sind, oder der Erregungsvorgang in einer und derselben Nervenfaser je nach Art der Erregung verschieden ausfällt, mag hier ununtersucht bleiben und nur bemerkt werden, dass viele Physiologen mit Rücksicht auf mancherlei Erfahrungen wahrscheinlich finden, dass das letztere der Fall sei. Nun ist bekannt [1], dass diese verschiedenen Empfindungen, nebst dem sogenannten Muskelsinn bis zu einem gewissen Grade unabhängig von einander sind, so dass eine Partie der Haut des Menschen bei Erkrankungen der Cerebrospinalaxe die eine oder andere Empfindungsqualität einbüssen kann, während ihr andere verbleiben. So wird berichtet, dass in der Aether- und Chloroformnarkose etc. Schmerzlosigkeit bestehen kann, während das Vermögen, Berührun-

---

1 LANDRY, Recherches physiol. et pathol. sur les sensat. tact. Arch. méd. 1852; B. PUCHELT, Ueber partielle Empfindungslähmungen. Heidelb. med. Annal. X. S. 485. 1845; C. EIGENBRODT, Ueber die Diagnose der partiellen Empfindungslähmung. Arch. f. pathol. Anat. XXIII. S. 571. 1862; H. RENDU, Des anesthésies spontanées. p. 13. Paris 1875. Weitere Literatur über diesen Gegenstand findet man bei dem Letzteren.

gen zu empfinden, geblieben ist. In anderen Fällen war der Tastsinn geschwunden, während der Wärmesinn fortbestand, oder umgekehrt. So sind die Ausdrücke Analgesie, Thermoanästhesie etc. bis zu GUBLER's Pallästhesie entstanden. Bisweilen können auch zwei dieser Anästhesieen zu gleicher Zeit sich einstellen. Isolirter Verlust des Wärmesinns und Muskelsinns sind am seltensten, so sehr, dass das Vorkommen der reinen Musculo-anästhesie noch heute von vielen erfahrenen Klinikern bestritten wird; häufiger kommt sie zugleich mit Contact-anästhesie gemeinschaftlich vor. Indess sind doch mehre Fälle ausschliesslicher Anästhesie des Muskelsinnes bei Erhaltung der cutanen Empfindlichkeit bekannt geworden.[1] Wegen dieser Dissociationen nun der durch die Empfindungsnerven vermittelten Empfindungsqualitäten muss uns aber die Gesammtheit der denselben dienenden Wege sehr verwickelt erscheinen. Zwar sind manche der hierher gehörigen Erfahrungen bei Rückenmarkskranken gesammelt, und es kann daher möglicher Weise schon im Rückenmark eine Complication der Wege für die verschiedenen durch die Hautnerven vermittelten Empfindungsqualitäten stattfinden. Diese Meinung wird besonders von BROWN-SÉQUARD[2] unter Hinweis auf mancherlei Erfahrungen vertreten. Dieser Forscher nimmt an, dass bereits im Rückenmark die Leitungsbahnen für die Tast-, Kitzel-, Schmerz- und Temperaturempfindungen gesondert wären und sämmtlich im Mark eine Kreuzung erlitten; für die Bahnen des Muskelsinnes jedoch finde hier keine Kreuzung statt. Für diese Ansicht sprechen auch die oben S. 155 mitgetheilten Angaben SCHIFF's, denen zufolge wenigstens die Leitungswege für die Tast- und Schmerzempfindungen verschieden sein würden. Aber es sind doch auch viele Fälle bekannt geworden, welche eine cerebrale Ursache hatten und da ferner jede bewusste Empfindung erst im Gehirn ihren Abschluss findet, so muss, wenn auch das erstere statthat, im Gehirn sich die gleiche Verwickelung vorfinden. Mit Rücksicht auf diese Bemerkungen ist leicht einzusehen, dass die Beobachtungen an Thieren eine verhältnissmässig geringe Rolle spielen werden bei dem Fortschreiten unserer Kenntnisse über die sensiblen Leitungswege innerhalb des Gehirns, wenn sie auch hier und da uns einen Anhaltspunkt geben

---

1 REYNOLD's A syst. of med. CROYDEN, Gaz. méd. d. Paris 1871. Zum Theil von RENDU l. c. p. 24 mitgetheilt. Sectionsresultate solcher Fälle kenne ich nicht. Versuche über die Seite des Muskelsinns, die wir Druck- oder Kraftsinn nennen, sind jedoch nicht angestellt worden.

2 BROWN-SÉQUARD, Nouvelles recherches sur le trajet des diverses espèces de conducteurs d'impressions sensitives dans la moëlle epinière. Arch. d. physiol. 1868. p. 610. 716.

und bei der Bestimmung der Lagerung von centripetalen Bahnen im Allgemeinen uns dienlich sein können. Was über die Innervationswege der höheren Sinnesnerven ausgemittelt worden ist, kann ich wohl hier übergehen, da Dasselbe in der Physiologie der Sinnesorgane vorgetragen wird; es bleibt also nur das Wenige anzugeben übrig, was über die Lagerung der durch die sensiblen Nerven der Haut, der Schleimhäute etc. vermittelten Innervationsvorgänge ermittelt worden ist. Aus der Darstellung über die im Rückenmark gelegenen Leitungswege ist bekannt, dass sich die von der Haut herkommenden sensiblen Nervenwege schon innerhalb des Markes kreuzen. Ob auch hier die Kreuzung der Hautnerven des Kopfes zu suchen ist, und ob sich innerhalb des eigentlichen Gehirns gar keine Kreuzung sensibler Wege mehr vorfindet, hierüber ist nichts Sicheres bekannt. Als einen wichtigen Ort, auf welchem wenigstens ein sehr grosser Theil der Empfindungswege liegt, bezeichnen pathologische Erfahrungen am Menschen und Experimente an Thieren dieselben Theile, welche oben S. 176 etc. als ebenso wichtig für die motorische Leitung angegeben wurden, wenigstens im Allgemeinen. Schon E. H. WEBER [1] hatte aus den zu seiner Zeit bekannten Erfahrungen, welche insbesondere von ANDRAL zusammengestellt waren, geschlossen, dass die Seh- und Streifenhügel, sowie deren nächste Umgebung wichtige Glieder für die Empfindung beherbergen müssen. Es zog sich durch seine Darstellung mehr oder minder klar die Idee durch, als kämen jene Hirnganglien als Centren der Empfindung und Bewegung in Betracht. Seit jener Zeit [2] hat man die Beobachtungen über diese Gegend fortgesetzt und versucht, den Sitz der die Erscheinungen während des Lebens hervorrufenden Krankheitsherde genauer zu bestimmen und die Zugehörigkeiten beider festzusetzen. Man übersieht noch nicht Viel, aber einige Einsicht ist doch gewonnen worden. Die erwähnten Krankheitsherde haben ihren Sitz entweder in den weissen Fasermassen des Grosshirnschenkels, der capsula interna und des Fusses der corona radiata, oder in den grauen Gehirnganglien, oder endlich, was am häufigsten vorkommt, in beiden Arten von Hirntheilen zugleich. Veränderungen in der ersten Gruppe dieser Theile verursachen jederzeit Hemianästhesie, solche, die sich ausschliesslich

1 E. H. WEBER, Tastsinn und Gemeingefühl. Wagner's Handwörterbuch der Physiologie. III. S. 510. 517. 1846.

2 L. TÜRCK, Ueber die Beziehungen gewisser Krankheitsherde des grossen Gehirns zur Anästhesie. Sitzgsber. d. Wiener Acad. Math.-naturw. Cl. XXXVI. S. 191. 1859; CHARCOT, Leçons sur les maladies du syst. nerv. p. 275. 1872—73; MAGNAN, De l'hémianesthésie. Gaz. hebd. 1873; VIRENQUE, Sur l'hémianesthésie. Paris 1874; R. VEYSSIÈRE, Recherches expérim. etc. Sur l'hémianesthésie. Paris 1874; RENDU, Des anesthésies spontanées. Paris 1875.

im corpus striatum etc. vorfinden, geben nur selten ausgesprochene, meist unvollkommne, vorübergehende Gefühllosigkeit, welche indess um so merklicher und dauernder wird, je mehr sie in die genannten weissen Fasermassen übergreifen.[1] Damit sind Experimente von VEYSSIÈRE in Uebereinstimmung, welcher bei Hunden nach reiner Verletzung der capsula interna die centripetalen Leitungen von der entgegengesetzten Seite des Körpers her mehr oder weniger andauernd beeinträchtigt sah. Die Neuzeit legt daher den Ton mehr auf die die Gehirnganglien umgebenden weissen Markmassen, als auf jene selbst und drückt diese Stelle mehr zur Bedeutung von Leitungsbahnen herab, wenn auch einzelne Beobachter sich nicht enthalten können, dieselbe ein Centrum zu nennen und dahin das von älteren Physiologen an die verschiedensten Orte verwiesene sensorium commune zu legen. Hier müssen nun auf verhältnissmässig engem Raum nicht allein der grösste Theil der motorischen Bahnen, sondern auch die für die verschiedenen Empfindungsqualitäten bestimmten Bahnen dicht bei einander liegen. Blutergüsse etc. an diesem Ort geben eine mehr oder minder vollkommne Hemiplegie und stören zu gleicher Zeit, wenigstens in den meisten Fällen, sämmtliche Modalitäten der Tastempfindungen und diese nicht allein in der Haut der Extremitäten etc., sondern auch in den der Prüfung leicht zugänglichen Schleimhäuten. In vielen Fällen, wie es scheint, wenn der Herd sich nach vorn von dem eigentlichen Hirnschenkel findet, treten auch Störungen in der Sphäre der übrigen Sinnesnerven auf, und da nach MAGNAN oft der Kranke nicht die durch Electrisiren erzeugte Muskelcontraction empfindet, so würden auch die dem Muskelsinn dienenden Wege hier gelegen sein.[2] Gute, einigermassen ausgedehnte Beobachtungen über die verschiedene Lagerung der einzelnen Innervationswege an diesem Orte sind noch nicht vorhanden; nur die von GLIKY gemachte Angabe ist noch zu erwähnen, dass der mediale Theil des Hirnschenkelfusses vorzugsweise motorische Elemente beim Kaninchen zu führen scheint. Das Wenige, was über weitere örtliche Anordnungen der Empfindungswege nach der Richtung der Grosshirnrinde hin bekannt ist, darzustellen, liegt ausser dem Bereiche meiner Aufgabe. — Auf längere Strecken abwärts sind jene Empfindungsbahnen ebenfalls noch nicht genauer verfolgt worden. Es hat zwar TÜRCK versucht, bei Krankheitsherden im Rücken-

---

1 Vergl. hierzu namentlich VEYSSIÈRE, p. 85.

2 Nach Versuchen an Thieren über Bestehen oder Fehlen des Muskelsinnes zu entscheiden, scheint mir sehr bedenklich und berühre ich die etwa hier anzuziehenden Versuche nicht besonders.

mark durch die Verfolgung der der aufsteigenden secundären Degeneration zukommenden Körnchenzellen den Lauf centripetalleitender Bahnen festzustellen, er hat aber dieselben nicht weiter, als bis zu den Keulen und dem corpus restiforme darlegen können.

III. Bemerkungen über den Verlauf einiger anderer Innervationswege innerhalb des Rückenmarks und Gehirns.[1]

Ausser den beiden besprochenen, der willkührlich motorischen Bewegung und der bewussten Empfindung dienenden Wegen hätte nun noch die Anordnung derjenigen in Betracht zu kommen, welche sich auf die Reflexerscheinungen, die Gefässnerven, die etwaigen Hemmungsnerven, die automatischen Erregungen etc. beziehen. Hierüber ist im Allgemeinen sehr wenig bekannt und was wir wissen, ist so zerstreut und bezieht sich auf so vereinzelte Thatsachen, dass ein Versuch, der die Topographie dieser Nervenwege darzustellen sucht, sehr unvollkommen ausfallen muss. Die motorischen Fasern für die Respirationsmuskeln liegen nach Versuchen von SCHIFF[2] im Seitenstrang des Rückenmarks. Dieser sah bei Hunden nach einseitigen Durchschneidungen dieses Stranges zwischen dem ersten und vierten Cervicalnerven, dass die Thoraxhälfte der verletzten Seite keine Respirationsbewegungen mehr machte und das von dem Bauche her blossgelegte Zwerchfell sich nur noch in der einen Hälfte zusammenzog. Ueber den näheren Verlauf der Respirationsfasern im Mark ist Nichts ermittelt. Eine Kreuzung scheint nicht zu bestehen, da SCHIFF bei einseitigen Hemisectionen in der Höhe des Calamus scriptorius nur die Respirationsmuskeln der verletzten Seite unthätig werden sah. In diese Bahnen müssen noch andere eintreten, denn nach Versuchen von ROKITANSKY[3] kommen Bewegungen in den Athemmuskeln vor, wenn nach Abtrennung des Athmungscentrums und Unterhaltung künstlicher Respiration nach einiger Zeit Strychnin einverleibt wird und nach OWSJANNIKOW[4] kann man, wenn in das Athmungscentrum soweit eingegriffen worden ist, dass sich die Athembewegungen nur noch so selten folgen, dass man künstliche Respiration einleiten muss, bei jedem electrischen Reiz,

1 Man vergl. hierzu, was S. 36 bei den Hemmungsmechanismen und S. 173 bei der Hyperästhesie mitgetheilt worden ist.

2 M. SCHIFF, Untersuchungen zur Physiologie d. Nervensystems. I. S. 202. 1855.

3 PR. ROKITANSKY, Untersuchungen über die Athmungscentra. Stricker's med. Jahrb. 1874. S. 30.

4 OWSJANNIKOW, Ueber den Unterschied in den refl. Leistungen etc. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-physik. Cl. S. 461. 19. Dec. 1874.

welcher eine Hinterpfote trifft, stets eine Athembewegung auslösen. Die Trennung der den Reflexerscheinungen dienenden Wege von den für die Motilität und die Empfindung bestimmten ist im einzelnen noch wenig gelungen. Schon am Ende der Lehre von den Reflexbewegungen ist hervorgehoben worden, dass keine ernste Anzeichen davon bekannt sind, dass ausserhalb der Centralorgane gesonderte Wege für die reflectorischen Erscheinungen bestehen; es müssen also die peripherischen Bahnen einerseits ihre Wege nach dem Gehirn hin, wo willkührliche Motilität und Empfindung vermittelt werden, andererseits nach den Reflexionsorganen hin haben. Ueber die Orte dieser Abzweigungen ist zumeist nur im Allgemeinen Einiges bekannt. Jedes beliebige noch Reflexerscheinungen gebende Präparat, welches, wenn noch mit dem Gehirn verknüpft, willkührliche Bewegung und Empfindung zeigt, sagt aus, innerhalb welcher Grenzen die Trennung beider Wegarten bereits stattgefunden haben muss. Durchschneidet man beispielsweise bei einem Frosch das Rückenmark in der Gegend des fünften Wirbels, so gibt dies Präparat von den hinteren Extremitäten aus und mit diesen noch die vollkommensten Reflexerscheinungen; die Fasern dafür müssen also bereits hier ihre volle Selbstständigkeit gegenüber den für die willkührliche Bewegung und die Empfindung bestimmten besitzen. Dies noch an anderen Beispielen auszuführen, hat kein besonderes Interesse, da, wie gesagt, aus solchen Erfahrungen nichts Genaueres über die Lagerung der bezüglichen Nervenwege folgt. Uebrigens geben auch die oben besprochenen einzelnen reflectorischen Centren im Ganzen an, wo die Selbstständigkeit der Reflexbahnen zu suchen ist. Da beim Menschen die einseitige hohe Trennung des Rückenmarks die willkührliche Bewegung der verletzten Seite aufhebt, so dienen insbesondere die Fasern der vorderen weissen Commissur nicht jener Bewegung, also vielmehr reflectorischen oder anderen Innervationsvorgängen. Es wird noch viel Zeit und Arbeit verlangen, bis eine vollkommene Einsicht in das Verhalten der Reflexbahnen zu den willkührlich motorischen und Empfindungsbahnen gewonnen sein wird. Schon die Schwierigkeit, bei Thieren stets scharf zwischen beiden Thätigkeitsreihen zu unterscheiden steht hier hindernd im Wege, es kommt aber hinzu, dass für einzelne motorische Vorgänge noch andere Bahnen in Betracht kommen, welche aufgeklärt sein wollen. Hat man das Rückenmark an der unteren Grenze des Athmungscentrums getrennt, so kann man durch Reizung sensibler Hautnerven noch einzelne Athemmuskeln reflectorisch anregen. Gibt es nun vielleicht für die letzteren ausser den willkührlichen und reflec-

torisch erregbaren Wegen noch einen dritten, den vorher erwähnten durch Strychnin erregbaren Weg? Es kommen Hemiplegieen vor, bei welchen Glieder, die vorher willkührlich und reflectorisch zu erregen waren, nunmehr nur noch durch plötzliche heftige Seelenerregungen in Bewegungen gesetzt werden können. Entsprechen diesen drei Erregungsarten bis zu gewissen Punkten hin von einander getrennte Wege und wo liegen diese?

Nicht minder ärmlich sehen unsere Kenntnisse über die Lagerung der Gefässnervenbahnen aus. Da, so viel wir jetzt wissen, alle Gefässnervencentren reflectorisch erregbar sind, so muss auch hier zwischen den centripetalen und centrifugalen Gefässnerven unterschieden werden, und da weiter gefässverengernde und gefässerweiternde Nervencentren vorkommen, so wird die Zukunft darauf bedacht sein müssen, die Lagerung dieser vier Gefässnervenarten auszumitteln. Diese Aufgabe wird aber erst dann befriedigend gelöst werden können, wenn die einzelnen Gefässnervencentren im Mark und Gehirn ihrer Lage und ihren Eigenschaften nach besser gekannt sein werden. Ich fasse das zur Zeit Bekannte in folgende Sätze zusammen. a) Die centrifugalen verengenden Gefässnerven liegen beim Kaninchen stellenweise wenigstens in den weissen Seitensträngen. Dies folgt aus dem Versuche DITTMAR's [1], dass nach einer Zerstörung des gesammten Marks mit Ausnahme der weissen Seitenstränge in der Höhe des dritten Halswirbels die Reizung des N. ischiadicus noch reflectorische Erhöhung des Blutdrucks gibt. Dass sie auf gewisse Strecken auch die graue Substanz durchziehen, findet man annehmbar durch die Voraussetzung, dass die centrifugalen Gefässnerven mit Ganglienzellen zusammenhängen, welche die reflectorischen Einwirkungen auf die Gefässnerven vermitteln. Ausserdem scheint ein kurz von VULPIAN [2] berichteter Versuch dafür zu sprechen, dass die Gefässnerven an manchen Stellen in der grauen Substanz besonders dicht zusammengedrängt wären. Diesem zufolge hatte eine fast nur die graue Substanz des Dorsalmarks betreffende Verletzung auf die vasomotorischen Nerven nahezu denselben Einfluss, wie eine vollkommene Section des ganzen Marks an dieser Stelle. Indess ist dieser Versuch zu kurz berichtet, um ihm volles Vertrauen zu schenken. Das Resultat kann ein Gemenge mancherlei Wirkungen gewesen sein; es bedarf jedenfalls der Wiederholung und einer weiteren Zergliederung. Beachtenswerth ist allerdings, dass eine schon

1 C. DITTMAR, Ueber die Lage des sogenannten Gefässnervencentrums in der Medulla oblongata. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Cl. XXV. S. 455. 1873.

2 A. VULPIAN, Leçons sur l'appareil vaso-moteur. I. p. 222.

ältere Bemerkung von v. BEZOLD[1] hiermit übereinstimmt. b) Ebenso liegt ein Theil der centripetalleitenden Gefässnerven bei demselben Thiere in dem Raume zwischen der dritten Lenden- und ersten Brustnervenwurzel in denselben weissen Seitensträngen. Dies ergibt sich aus Versuchen von MIESCHER[2], welcher die im N. ischiadicus gelegenen, den Blutdruck reflectorisch erhöhenden, centripetalleitenden Gefässnervenfasern durch jene Stelle verfolgte. NAWROCKI[3] hat diese Erfahrung noch erweitert, indem er nachwies, dass die fraglichen Fasern auf der angegebenen Strecke nicht die graue Substanz durchziehen. c) Jenseits des bedeutendsten S. 77 beschriebenen Gefässnervencentrums, also in der Richtung nach dem Grosshirn zu, liegen noch Gefässnervenfasern, deren weiterer Verlauf und physiologische Beziehungen zur Zeit nicht klar aufgedeckt sind. BUDGE[4] fand, dass Reizungen des Pedunculus cerebri bei curarisirten Thieren Zusammenziehung vieler Körperarterien und damit Erhöhung des Blutdrucks der Carotis hervorbringen. AFANASIEW[5] hat diese Angaben bestätigt. Es gehören ferner in diese Categorie Versuche von mir[6], bei denen es mir in einzelnen Fällen gelang, durch Reizung der Grosshirnstielausbreitungen die Erectionsblutung hervorzurufen und durch eine solche des Kleinhirns und der Vierhügelgegend die Ohrarterien zu verengern. d) Ueber Kreuzungen von Gefässnervenfasern innerhalb des Cerebrospinalorgans lauten die bisherigen Angaben noch widersprechend. Was die centripetalleitenden Fasern anlangt, so steht von ihnen fest, dass manche von ihnen von einer Seite zur anderen übergehen. In der vorher erwähnten Arbeit MIESCHER's finden sich hierfür Belege. Kreuzungen der centrifugalen Gefässnerven hat zuerst SCHIFF[7] behauptet. Er gibt an, bei Durchschneidungen einer Hälfte des Rückenmarks am unteren Ende der Rautengrube eine in Folge von Gefässlähmung eintretende Temperaturerhöhung am Kopf, an den Ohren, dem Vorderarm, dem Unterschenkel, den Vorder- und Hinterfüssen, sowie den Zehen derselben Seite, desgleichen eine solche am Rumpf, den Schultern, Oberarm und Oberschenkel der anderen Seite beobachtet zu haben, während

1 v. BEZOLD, Ueber die gekreuzten Wirkungen des Rückenmarks. S. 58.

2 F. MIESCHER, Zur Frage der sensiblen Leitung im Rückenmark. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math. phys. Cl. 12. Dec. 1870.

3 NAWROCKI, Beitrag zur Frage d. sensiblen Leitung im Rückenmark. Daselbst XLIII. S. 585. 1871.

4 J. BUDGE, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1864. Nr. 35; Ueber das Gefässnervencentrum. Arch. f. d. ges. Physiol. VI. S. 303. 1872.

5 AFANASIEW, Ueber die physiol. Bedeutung der Pedunculi cerebri. Kiew 1869. Russisch. Ich kenne diese Arbeit nicht aus eigner Lectüre des Originals.

6 Meine Beiträge. VII. S. 78. 99.

7 M. SCHIFF, Untersuchungen zur Physiologie d. Nervensystems. I. S. 206. 1855.

die zuletzt genannten Theile auf der verletzten Seite kälter waren. Die Temperaturerhöhung auf Gefässerweiterung beziehend, sagt nun SCHIFF, dass die vaso-motorischen Nerven für den Rumpf, Oberarm und Oberschenkel sich im Rückenmark kreuzen. Frühere Experimentatoren, wie BROWN-SÉQUARD und BERNARD, hatten, in Uebereinstimmung mit Aerzten, wie CHOSSAT, BRODIE, DUNDAS, welche die gelähmten Glieder wärmer, als die gesunden gefunden, bei hohen Hemisectionen des Marks, nur auf der operirten Seite Temperaturerhöhung gesehen, sie aber auch gleich SCHIFF auf Gefässerweiterung bezogen. v. BEZOLD[1] hat die Versuche von SCHIFF wiederholt. Das Ergebniss derselben trug aber Merkmale, welche die Annahme einer Kreuzung nicht vertrugen. Es lohnt sich nicht der Mühe hierauf näher einzugehen, da heute diese ganze Versuchsweise missbilligt werden kann, weil die Lehre von der Existenz besonderer Wärmecentren noch nicht definitiv abgeschlossen ist. Ich hebe nur die nach v. BEZOLD entscheidende Thatsache hervor, dass in den Gliederabtheilungen der entgegengesetzten Seite, in denen nach SCHIFF Temperaturerhöhung stattfindet, diese keine absolute, sondern nur eine relative im Vergleiche zu den analogen gelähmten Gliederabtheilungen der verletzten Seite ist. VULPIAN[2], welcher sich auch mit diesem Gegenstand beschäftigt hat, konnte sich nicht durchweg von der Richtigkeit der Angaben SCHIFF's überzeugen. Man wird wohl thun, bei der weiteren Bearbeitung dieses Gegenstandes aus dem angegebenen Grunde das Gefässkaliber direct zu beobachten. In neuerer Zeit sind durch Thatsachen der Entwickelungsgeschichte, fortgesetztes Studium pathologischer Befunde und Versuche, die Degenerationen in Hirn und Mark künstlich herzustellen noch mancherlei Andeutungen über die Leitungswege in den Centralorganen erhalten worden. Ich habe indess geglaubt, von den bezüglichen Angaben absehen zu dürfen. Theils greifen sie in die Physiologie der Grosshirnrinde ein, theils tragen sie noch zu sehr das Gepräge der Entwickelung, so dass man besser thut, einen reifern Zustand dieser Kenntnisse abzuwarten.[3]

---

1 v. BEZOLD, Ueber die gekreuzten Wirkungen des Rückenmarks. S. 55 ff.

2 A. VULPIAN, Leçons sur l'appareil vaso-moteur. I. p. 201. 204.

3 CHARCOT, Leçons sur les maladies d. s. n. 1874; P. FLECHSIG, Die Leitungsbahnen etc. 1876 u. Ueber System-Erkrankungen etc. 1878; GUDDEN, Experimentaluntersuchungen etc. Arch. f. Psychiatrie. II. S. 693; MAYSER, Experim. Beiträge etc. ibid. VII. S. 539; SCHIEFERDECKER, Regeneration etc. Arch. f. pathol. Anat. LXVII. S. 542.

ZWEITER THEIL.

PHYSIOLOGIE DER GROSSHIRNRINDE

VON

PROF. DR. SIGM. EXNER IN WIEN.

Einleitung.

Eine Physiologie der Grosshirnrinde in dem Sinne, wie es eine Physiologie des Muskels, der Niere etc. gibt, existirt heute noch kaum. Nur erste Anfänge einer solchen hauptsächlich aus den letzten Jahrzehnten stammend liegen vor, und erwecken die Hoffnung es werde im Laufe der nächsten Decennien gelingen auch dieses Organ in das Bereich der Forschung einzubeziehen. Wie immer in solchen Fällen ist es auch hier sehr schwer eben diese Anfänge zu sammeln und in ein Capitel zusammenzustellen. Die Schwierigkeiten sind doppelter Art. Erstens fehlt hier das fest gesteckte Ziel, welches den Untersuchungen in jedem anderen Capitel der Physiologie ihre Richtung anweist und sie dadurch einheitlich und sich gegenseitig ergänzend gestaltet. Seit der Begriff der Lebenskraft aus der Physiologie geschwunden, ist das Ziel jener Forschungen das Zurückführen der Erscheinungen auf physikalische nnd chemische Vorgänge. Nicht so im vorliegenden Capitel. Ein Theil der Forscher verfolgt dasselbe Ziel auch für die Physiologie der Grosshirnrinde, indem er die sogenannten psychischen Erscheinungen bei Mensch und Thier diesem Organe zuspricht und als letztes erreichbares Ziel die Erklärung dieser Erscheinungen auf mechanischer Grundlage anstrebt. Der bei weitem grössere Theil jener Forscher, die sich mit psychischen Fragen beschäftigt haben, arbeitete mit einem wesentlich anderen Ziele vor Augen. Er sieht das Gehirn nur als Vermittler zwischen Körper und einer immateriellen Seele an, und bearbeitet

alle jenen psychischen Fragen in einer wesentlich anderen Richtung, indem er jede Art mechanischer Erklärung zurückweist.

Erwägt man, dass weder die Existenz der Seele, noch die Nichtexistenz derselben erwiesen ist, so begreift man, dass es nicht leicht ist, die Resultate dieser verschiedenen Forschungsmethoden unter einen Gesichtspunkt zu bringen.

Eine zweite Schwierigkeit liegt darin, dass wir einerseits eine grosse Menge physiologischer Erscheinungen kennen, welche, wie beide Parteien anerkennen, in den Functionen des Nervensystems und nicht in der immateriellen Seele ihre Grundlage haben, andererseits kennen wir eine grosse Anzahl von Organen im Gehirn: welche Functionen, und welche Organe aber zusammengehören, d. h. welche bekannten Functionen von welchen bekannten Organen geleistet werden, wissen wir nur in spärlichen Fällen. Es besteht eine reiche Erfahrungswissenschaft über psychische und psychophysische Erscheinungen, und eine ebenso reiche Erfahrungswissenschaft über die Anatomie des Grosshirns. Beide aber stehen zum grossen Theile unvermittelt nebeneinander auch für den Forscher, der keine Seele als Erklärungsbasis annimmt.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass es nicht gut möglich sein wird über den uns in diesem Capitel beschäftigenden Stoff zu sprechen, ohne in der Frage von der immateriellen Seele Stellung zu nehmen, und wäre es auch nur der Schwerfälligkeit der Darstellung wegen, welche die gleichzeitige Berücksichtigung beider Anschauungen mit sich bringen würde.

Es wird vortheilhaft sein, den materialistischen Standpunkt zu wählen, d. h. jede andere als eine auf materiellen Vorgängen beruhende Erklärung zu verwerfen, wie aus folgender Betrachtung hervorgeht. Der Umstand, dass es bisher nicht gelungen ist, die psychischen Vorgänge materialistisch zu erklären, ist kein Grund eine immaterielle Erklärungsbasis anzunehmen. Wäre dieses Grund genug, dann müssten auch für die Witterungsänderungen, viele Krankheiten etc. immaterielle Grundlagen angenommen werden.

Ferner ist in einer Welt, in welcher an Materie gebundene Kräfte sich mit zwingender Nothwendigkeit dem Bewusstsein aufdrängen, in welcher aber eine sogenannte immaterielle Kraft niemals mit Sicherheit erkannt wurde, die Annahme immaterieller Kräfte, welche obendrein materielle Veränderungen im lebenden Körper hervorrufen sollen, etwas so Auffallendes, dass es nöthig erscheint, auf der materiellen Basis für Erklärungen so lange zu verbleiben, bis nachgewiesen ist, dass immaterielle Kräfte, wie jene Seele solche repräsentirt, existiren.

Es haben also die Vertreter der Seelentheorie die Aufgabe, die Existenz der Seele, nicht die Bekämpfer derselben, die Nicht-Existenz der Seele zu beweisen. Endlich mag bei der Fixirung des Standpunktes die Erfahrung leiten, dass die Physiologie nie so grosse Fortschritte gemacht hat, als seit dem Moment, in welchem sie jene mechanischen Erklärungen als das einzige Forschungsziel anerkannt hat.

Es fällt nach dem Gesagten die sogenannte psychische Thätigkeit mit in den Kreis unserer Betrachtungen (es wird sich nämlich unten zeigen, dass dieselbe der Hirnrinde mit grösster Wahrscheinlichkeit zugesprochen werden muss), und dieser sollen jene Erscheinungen (psychophysische) angereiht werden, welche mit den psychischen in engem Zusammenhang stehen, obgleich für sie nicht einmal in dem Grade wie für die ersteren wahrscheinlich ist, dass sie an die Rinde des Grosshirns gebunden sind.

Der Plan der nachfolgenden Auseinandersetzungen wird demnach folgender sein:

A) Allgemeine Physiologie der Grosshirnrinde.

I. Erfahrungen und Versuche über die physiologische Stellung der Hirnrinde.
II. Die Empfindungsimpulse.
  1. Die Empfindungen im Allgemeinen.
  2. Die Intensität der Empfindungen (Psychophysik).
III. Die Bewegungsimpulse.
IV. Zeitlicher Verlauf der Empfindungs- und Bewegungs-Impulse.
V. Die Aufmerksamkeit.
VI. Die Affecte.
VII. Der Schlaf.

B) Specielle Physiologie der Grosshirnrinde.

Anatomische Einleitung.
I. Specielle Physiologie der Grosshirnrinde der Thiere.
II. Specielle Physiologie der Grosshirnrinde des Menschen.

A. ALLGEMEINE PHYSIOLOGIE.

ERSTES CAPITEL.

Erfahrungen und Versuche über die physiologische Stellung der Rinde.

Es drängt sich zunächst die Frage auf, wie ist man zur gangbaren Ansicht gekommen, der zufolge die Hirnrinde das Organ der höheren geistigen Verrichtungen ist? Es scheint nicht, dass uns das Gefühl unmittelbar sagt, dass wir mit dem Kopfe denken, noch weniger, dass wir mit dem Gehirn oder mit der Gehirnrinde denken. Würden wir, wie es wohl manchmal scheinen mag, den Ort des Denkens empfinden, so wäre die Anschauung eines Theiles der Hippokratischen Schule, dass die Seele im Blute enthalten sei [1], ebenso die Lehre von Aristoteles [2] nicht möglich gewesen, der zu Folge das Gehirn ein Klumpen kalter Substanz ist, bestimmt die vom Herzen aufsteigende Wärme zu dämpfen.[3]

Der erste, welcher das Gehirn als den Sitz des Bewusstseins, der Gefühle, des Denkens, kurz aller höheren Geistesfunctionen angesehen hat, scheint Alkmäon aus Kroton gewesen zu sein, von dessen Lehren Plutarch, De placitis philosophorum. IV. 17, 1, und Theophrast, De sensu, § 25—26 berichtet. Alkmäon war Arzt und soll zuerst Sectionen gemacht haben. Er war nach Aristoteles' Metaphysik I. 5 ein jüngerer Zeitgenosse des Pythagoras, der im 6. Jahrhundert v. Chr. gelebt hat. Auch ein Zeitgenosse des Hippokrates, dessen Namen uns nicht erhalten ist, vertheidigt in der Schrift: De morbo sacro (Epilepsie) jene Anschauung des Alkmäon (die Schrift befindet sich unter dem Namen des Hippokrates in dessen Abhandlungen: Oeuvres d'Hippokrate éd. Littré. VI. 386 ff.). Später hat auch Plato diese Ansicht acceptirt. Dass übrigens damals schon die richtige Ansicht vertreten war, kommt bei unserer Frage nicht in Betracht, da aus dem Umstande, dass hervorragende Männer des Alterthums das Denken nicht in den Kopf verlegten, hinlänglich hervorgeht, dass nicht unmittelbar empfunden wird, wo dasselbe statt hat.

1 Sammlung Hippokratischer Schriften, De natura hominis LVI. 44.
2 De historia animalium. L. II. Cap. 7.
3 Vergl. über die Kenntnisse der Alten in diesen Dingen: H. Häser, Geschichte der Medicin. Jena bei H. Dufft. 1875.

Man muss also nach äusseren Erfahrungen suchen, welche jene Anschauungen begründet haben.

1. Ein solcher Fingerzeig musste schon den ersten Anatomen, welche gewissenhaft zergliederten, in dem Umstande ersichtlich werden, dass die Sinnesorgane in enger Verbindung mit dem Gehirn gefunden wurden, dass überhaupt das Gehirn den Sammelplatz für die Nerven (deren physiologische Bedeutung allmählich erkannt wurde) bildet. Deshalb verlegen die Alexandriner, an ihrer Spitze der grosse Anatom HEROPHILUS (um 300 v. Chr.), die Seele in das Gehirn, wie es scheint speciell in den vierten Ventrikel. Ebenso versetzt später GALEN (geb. 131 n. Chr.) sein *πνεῦμα ψυχικὸν* in das Gehirn.

2. Ein zweiter Umstand, der zur Ansicht von den psychischen Functionen der Gehirnrinde führen musste, ist in der vergleichenden Anatomie gefunden worden. Vergleicht man das Gewicht des Gehirns eines Thieres mit seinem Gesammtgewicht, so findet man dieses Verhältniss **im Allgemeinen** umso grösser, je intelligenter das Thier ist.

Verhältniss des Hirngewichtes zum Körpergewicht.

Thunfisch	1:37440	Zeisig	1:231
Landschildkröte	1: 2240	Adler	1:160
Wels	1: 1837	Taube	1:104
Quappe (Gadus lota)	1: 720	Ratte	1: 82
Elefant	1: 500	Gibbon	1: 48
Salamander	1: 380	Junge Katze	1: 39
Schaf	1: 351	Winselaffe	1: 25

Wie die vorstehende Tabelle[1] zeigt, ist jenes Verhältniss zwischen Gehirn- und Gesammtgewicht nur im grossen Ganzen ein Maassstab für die Intelligenz, im einzelnen kommen offenbar Abweichungen vor, wie z. B. dass der Elefant unter dem Salamander und dem Schafe zu stehen kommt u. dgl. m. Die Tabelle giebt gleichzeitig den Anhaltspunkt dafür, warum von einem solchen Schema nicht zu erwarten ist, dass es in jedem Falle passt. Die Schildkröte steht in der Tabelle offenbar nur desshalb so tief, weil ihr Panzer das Körpergewicht wesentlich erhöht. Wäre es möglich, denselben zu entfernen, so würde bei gleichbleibender Intelligenz ihre Stellung in der Tabelle bedeutend zu ihren Gunsten geändert. Aehnlich ist es in anderen Fällen.

Ein wie es scheint viel stichhaltigeres Kriterium für den Grad

1 Theils nach CARUS, Lehrb. d. vergleich. Zootomie. Leipzig 1818, theils nach J. MÜLLER, Lehrb. d. Physiol. d. Menschen. I. S. 830. Coblenz 1838. Es liessen sich noch viele andere Wägungen anführen, doch genügen die mitgetheilten für den vorliegenden Zweck.

der Intelligenz hat JOHANNES MÜLLER der vergleichenden Anatomie entnommen.[1] Während nämlich beim Menschen die grossen Hemisphären eine solche Ausbildung angenommen haben, dass sie von ober her nicht nur die Stammganglien, mit denen sie verbunden sind, sondern auch Vierhügel und Kleinhirn bedecken, werden diese Organe umsomehr bei der Betrachtung des Gehirns von Oben sichtbar, je tiefer man in die Wirbelthierreihe hinabsteigt.

Bei den intelligenteren Säugethieren haben sich die Hinterlappen des Grosshirns schon so weit zurückgezogen, dass das Kleinhirn zum Theil frei geworden ist, bei den Nagern ist es schon ganz frei, bei den Vögeln sind auch die Vierhügel nicht mehr vom Grosshirn bedeckt und bei den Amphibien ist dieses Zurückziehen des Grosshirns noch weiter vorgeschritten. In demselben Maasse, in welchem die Hemisphären sich verkleinern, vergrössern sich die Vierhügel den Dimensionen der übrigen Gehirn-Antheile gegenüber, so dass, während letztere beim Menschen verhältnissmässig klein sind, sie beim Fisch sich der Grösse des Grosshirns schon so weit genähert haben, dass man im Zweifel darüber sein könnte, was Grosshirn und was Vierhügel ist.

MEYNERT[2] fand ein anatomisches Maass der Intelligenz in der Säugethierreihe in Folgendem. Seine Studien führten ihn zu der Anschauung, dass im Fusse des Hirnschenkels die Bahnen für die willkürlichen Bewegungen und die Empfindungen, in der Haube des Hirnschenkels diejenigen für reflectorisch ausgelöste Bewegungen verlaufen. Dem entsprechend findet sich in den Gehirnen der Säugethierreihen Grosshirnlappen, Linsenkern und Fuss des Hirnschenkels stets in gleichem Maasse entwickelt, d. h. ein Thier das gut entwickelte Grosshirnlappen hat, hat auch einen gut entwickelten Linsenkern und Hirnschenkelfuss. Das von MEYNERT aufgestellte Maass besteht nun in dem Flächenverhältniss zwischen Querschnitt der Haube und des Fusses, welches ein Schnitt durch den Hirnschenkel zeigt. Je grösser die Intelligenz, desto grösser ist der Fuss im Vergleiche zur Haube entwickelt. Es stimmt hiermit überein, dass im menschlichen Embryo die Haube relativ stark entwickelt ist.

Nachstehend die betreffende Tabelle MEYNERT's mit der Bemerkung, dass vollkommen exacte Messungen wegen der Begränzungsweise dieser anatomischen Bezirke nicht ausführbar sind, weshalb hier nur Höhen angegeben wurden.

---

1 JOH. MÜLLER, Handb. d. Physiol. d. Menschen. I. S. 825. Coblenz 1838.

2 MEYNERT, Studien über die Bedeutung d. zweifachen Rückenmarkursprunges aus dem Grosshirn. Sitzgsber. d. Wiener Acad. LX. 2. Abth. 1869.

	Grösse der Gesammthöhe des Hirnschenkels mm.	Mediale Höhe der Haube mm.	Seitliche Höhe der Haube mm.	Höhe des Fusses mm.
Erwachsener Mensch .	25	8,5	10,5	10
Fötus aus dem 7. Monat	12,5	4	5	2,5
Harlekinaffe	12,5	5	6,5	2
Hund	15	7	8	2,5
Katze	11,5	4	5,5	1
Neugeborenes Schaf . .	13	4,5	6,5	0,6
Kalb	25	6	14	2
Pferd	27	8	10	3
Känguru	14,5	5	7	2
Kängururatte	9	4	4	0,8
Aguti	14	5	6	1
Reh	19,5	5,5	9	1,5
Schwein	20	6	9	1,5
Meerschweinchen . . .	7	3	3,5	0,4
Fledermaus (Pteropus) .	5,5	1,6	2,8	0,24
Maulwurf	5	2,2	2,5	0,4

3. Ein weiterer Umstand der der Anschauung, dass das Gehirn der Sitz des psychischen Lebens ist, das Wort spricht, liegt darin, dass Grösse und Windungsreichthum des menschlichen Gehirnes mit der höheren Intelligenz des Individuums zunimmt, und zwar, wie abermals hervorgehoben werden muss, im grossen Ganzen, denn niemals kann aus dem anatomischen Befund ein sicherer Schluss auf die Intelligenz gezogen werden. So führt HUSCHKE[1] an, dass in einer grossen Anzahl von durch ihn ausgeführten Wägungen das Maximum des Hirngewichtes bei 1500—1600 grm., das Minimum bei 880 grm. lag.[2] Dem gegenüber wog das Gehirn von

Lord BYRON . . . 2238 grm.
CROMWELL . . . 2233 „
CUVIER . . . . 1829 „

Ein Factor, der die Grösse des Gehirnes wesentlich mit zu beeinflussen scheint, ist die Körpergrösse. Doch geht dies nur bis zu einer gewissen Gränze. Wenn der Körper abnorm gross wird, nimmt das Gehirn wieder relativ ab, wie LANGER[3] bei Messungen von „Riesenskeletten" fand.

Ueberblickt man die Gehirne der Wirbelthierreihen, so erkennt man sogleich, dass im Allgemeinen geistig tiefer stehende Arten und Species ein furchenarmes, geistig höher stehende ein furchenreicheres

1 HUSCHKE, Schädel, Hirn und Seele. S. 58. Jena 1854.

2 Vergl. die Tabelle in: RUDOLF WAGNER, Vorstudien zu einer wissenschaftl. Morph. u. Physiol. des Gehirns als Seelenorgan; und BURDACH, Bau und Leben des Gehirns. II. S. 5. Leipzig 1822.

3 LANGER, Wachsthum des menschl. Skelettes mit Bezug auf die Riesen. Denkschrift d. Wiener Acad. d. Wiss. XXXI. bei Gerold 1871.

Gehirn haben.[1] Dasselbe Verhältniss zeigt sich, wenn wir Gehirne menschlicher Embryonen verschiedenen Alters unter einander vergleichen. Je älter der Embryo, desto mehr Windungen besitzt sein Gehirn. Es war also zu erwarten, dass sich derartige Unterschiede auch bei erwachsenen Menschen verschiedenen Intelligenzgrades finden werden, um so mehr, als man schon wusste, dass Idioten windungsarme Gehirne haben.

Von diesem Gesichtspunkt und durch die Anschauung geleitet, dass die Bedeutung der Windungen in der Vergrösserung der grauen Hirnrinde beruhe, untersuchte HERMANN WAGNER[2], fussend auf Messungen seines Vaters RUDOLF WAGNER[3], die Gehirne des Mathematikers GAUSS, des Klinikers FUCHS, einer 29jährigen Frau und des Handarbeiters KREBS auf ihre Oberfläche.

Diese Oberflächenbestimmungen, die sich ausschliesslich auf das Grosshirn bezogen, geschahen, indem Goldschaum in Plättchen so auf die Gehirnrinde aufgelegt wurde, dass dieselbe, wie eine vergoldete Nuss, vollkommen mit einer Schicht desselben überzogen war. Aus dem Gewichte des verbrauchten Goldschaumes ergab sich dann die Grösse der Oberfläche. H. WAGNER fand auf diesem Wege, dass bei allen vier Gehirnen die in den Furchen verborgene Oberfläche näherungsweise der freiliegenden Oberfläche gleich war, und dass die Gesammtoberfläche betrug

bei	GAUSS . .	2196	□-cm.
„	FUCHS . .	2210	„
„	der Frau .	2041	„
„	KREBS . .	1877	„

Die Oberfläche des Grosshirns ist also, wenn man die bei den vier Messungen erhaltenen Resultate verallgemeinern will, bei hervorragender Intelligenz eine grössere.

4. Der directe Nachweis, dass das Gehirn der Sitz der psychischen Functionen ist, liegt in der Thatsache, dass die Durchschneidung oder Verletzung der Nerven, ja selbst des Rückenmarks diese Functionen, insofern nicht indirecte Einwirkungen stattfinden, nicht stört, dass aber die von diesen Organen versehenen Muskeln der Willkür entzogen sind und die durchtrennten Nerven keine Verbindung der Aussenwelt mit dem Bewusstsein mehr vermitteln.

Liesse sich eine systematische Versuchsreihe ausführen, in wel-

---

1 DESMOULINS, Anatomie des system. nerv. II. p. 606. Paris 1825.

2 H. WAGNER, Maassbestimmungen d. Oberfläche des grossen Gehirnes. Inaug.-Diss. Cassel 1864.

3 R. WAGNER, Vorstudien zu einer wissenschaftl. Morph. u. Physiol. d. Gehirns als Seelenorgan.

cher man gegen das Gehirn vorschreitend Querschnitt auf Querschnitt durch das Rückenmark legt, und würde man hierbei beachten können, wann eine Störung der Intelligenz eintritt, so würde man mit solchen Querschnitten jedenfalls über die medulla oblongata, vielleicht auch über die Stammganglien hinaus, wahrscheinlich bis zur Hirnrinde gelangen können, ohne eine solche wahrzunehmen. Aus nahe liegenden Gründen lässt sich diese Versuchsreihe nicht ausführen, wohl aber lässt sich nebst dem schon erwähnten Anfangsglied auch das Endglied derselben verwirklichen. Man kann nämlich die Grosshirnrinde oder die ganzen Grosshirnlappen eines Thieres von ihren peripheren Verbindungen trennen. Von diesen Grosshirnlappen können wir nun freilich nicht erfahren, ob sie noch Intelligenz besitzen, denn sie haben kein Mittel dieselbe zu zeigen, wohl aber können wir die Thiere ohne diese Organe beobachten, — denn viele Thiere überleben diese Operation sehr gut, — und uns auf diese Weise überzeugen, dass die Grosshirnrinde Sitz der höheren geistigen Functionen ist.

Die Exstirpation des Grosshirns, einzelner Theile desselben sowie seiner Rinde ist eine Operation, welche seit dem Beginne dieses Jahrhunderts von einer ganzen Reihe von Forschern an Thieren ausgeführt wurde, welche kürzere oder längere Zeit, bisweilen Monate lang, die Operation überlebten.[1] Am meisten eignen sich hierzu Amphibien, vor allen die Frösche, dann Vögel und junge Säugethiere. Aeltere Säugethiere überstehen die Operation schwer, jüngere Vögel

---

1 Vergl. Desmoulins, Anatomie des syst. nerv. II. Paris 1825; Calmeil, Journ. des progrès des sc. et inst. med. XI. p. 91. 1828; Bouillaud, Journ. de physiol. exp. IX. 1830; Gerdy, Bull. d. l'Acad. de méd. V. 1840; Flourens, Recherches experim. sur les propriétés et les fonctions du syst. nerv. 2. édit. Paris 1842; Magendie, Précis élém. de physiol. I. 1836; Derselbe, Leçons sur les fonct. I. Paris 1839; Longet, Anatomie et Physiologie du syst. nerv. de l'homme etc. Paris 1842, ins Deutsche übersetzt von Hein. Leipzig 1847; G. Paton, Perceptive Power of the Spinal Chord. British med. Journ. 10. Juli 1858; Renzi, Saggio di Fisiologia sperimentale sui centri nervosi della vita psychica nelle quattro classi degli animali vertebrati. Annali univ. di Med. Vol. 186, 187, 189; Vulpian, Expériences ayant pour but de rechercher quelle est la partie des centres nerveux qui préside aux phénomènes de l'émotion. L'Institut. No. 1590; Goltz, Beiträge zur Lehre von d. Functionen d. Nervencentra d. Frosches. Berlin 1869 und Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868. S. 690 u. 705; Onimus, Recherches expérimentales sur les phénomènes consécutifs à l'ablation du cerveau etc. Journ. de l'anat. et d. l. physiol. 1871. 7. an.; Kramsztük, Symptomatologie d. Verstümmelungen des Grosshirns beim Frosche. Arbeiten d. physiol. Laborat. in Warschau. 1873. Hft. 2 (russisch); im Auszuge in Hofmann u. Schwalbe's Jahresber. f. Anat. u. Physiol. für 1873. S. 465; Rosenthal, Ueber Bewegungen nach Abtragung der Grosshirnhemisphären. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868. S. 739; Bischoff, ebendas. 1864. S. 53; Voit, Beobacht. nach Abtrag. der Hemisphären des Grosshirns bei Tauben. Sitzgsb. d. k. bair. Acad. d. Wiss. 1868 beschreibt Neubildung der Gehirnmasse nach der Exstirpation; Lussana, Monografia delle vertigini e richerche di fisiologia neurologica. Ann. univ. di med. Vol. 164, Giugno, Luglio; M'Kendrick Observations and exper. on the corpora striata and cerebral hemispheres of pigeons. Edinburgh 1873.

auch leichter als alte. Am häufigsten ist sie wohl an halb erwachsenen Tauben und Hühnern ausgeführt worden, weshalb auch hier zur Schilderung der Erscheinungen ein Huhn als Beispiel gewählt werden mag.

Man spaltet einem Huhn mit einem Sagittalschnitt die Kopfhaut neben dem Kamme, schiebt dieselbe beiderseits zurück, so dass der Schädel entblösst ist; das Schädeldach wird mit einer Knochenzange abgetragen und mit den Hirnhäuten ebenso verfahren wie mit der Kopfhaut, dann mit einem scharfen Löffelchen die Grosshirnhemisphären ausgeschaufelt.[1] Schon bei der Durchtrennung des Knochens, noch mehr aber bei Verletzung des Gehirns tritt eine heftige Blutung ein, an welcher die Thiere zu Grunde zu gehen in Gefahr schweben. Deshalb muss dieser Theil der Operation schnell ausgeführt werden, was nicht ganz leicht ist, weil man in dem mit Blut erfüllten Operationsfeld doch die Reste der Hemisphären bemerken und fortschaffen muss. Ist man sicher, dass letzteres geschehen ist, so schliesst man, ohne durch Blutstillungsversuche Zeit zu verlieren durch Nähte die Kopfhaut und bringt auf die noch blutende Wunde gepulvertes Gummi arabicum. Dies etwas barbarisch erscheinende Mittel thut an diesem Platze sehr gute Dienste, denn es kommt durch immer neues Aufschöpfen des Pulvers auf die blutende Stelle nicht nur die Blutung bald zum Stehen, sondern das im Blute gequollene Gummi bildet später beim Eintrocknen eine das Schädeldach ersetzende feste Hülle, und verhindert, dass sich das Thier durch Kratzen die Wunde immer wieder aufreisst. Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass man während der Operation in der Schädelhöhle darauf zu achten hat, dass die zurückbleibenden Theile des Gehirns nicht gezerrt werden, und dass man nach der Operation das Thier an einen warmen Ort bringt — wo es gewöhnlich apathisch hocken bleibt —, ihm etwas Wasser giebt und mit Rücksicht auf eine Nachblutung beobachtet.

Es geht schon aus der Schilderung dieser Operation hervor, dass man es hier nicht mit einem exacten Experimente zu thun hat. Denn bei aller Vorsicht kann man niemals genau sagen, welche Gehirntheile man entfernt hat, welche Theile der Stammganglien noch vorhanden sind, ob alle Rinde der Basis des Gehirns fortgenommen ist etc. Aber auch wenn man dieses wüsste, so wäre immer noch die Frage, inwieweit die zurückgebliebenen Hirntheile in Folge der Degeneration an den Schnittflächen, in Folge des Extravasates u. s. f. functionsunfähig geworden sind, offen, und nicht zu beantworten. Auch durch den Sectionsbefund lässt sich kein Aufschluss gewinnen, da in der Narbe die Gehirnreste bis zur Unkenntlichkeit verzerrt sind. Es beziehen sich also die folgenden Schilderungen auf Thiere, von denen man nur mit Sicherheit aussagen kann, dass ihnen der grösste Theil der Hemisphären genommen worden ist. Schon während der Operation fällt auf, dass das Thier zwar deutliche Schmerzensäusserungen macht, wenn man Haut und Knochen verletzt, dass es sich aber in den Hemisphären herumwühlen lässt, ohne

1 Krieshaber bediente sich bei dieser Operation des Glüheisens (Déstruction partielle progressive de l'encéphale sur un pigeon. Arch. de physiologie. 1869).

eine Aeusserung des Unbehagens zu zeigen. Vielmehr verhält es sich während dieses geschieht, fast wie schlafend.

Man hat bis zur zweiten Hälfte unseres Jahrhunderts lebhaft darüber gestritten, ob die Verletzungen der grauen und der weissen Substanz der Hemisphären schmerzhaft seien oder nicht.[1] Jetzt ist man darüber einig, dass, wie der in Rede stehende Versuch zeigt, diese Verletzungen nicht schmerzhaft sind, und dass die früheren dem scheinbar widersprechenden Versuche ihre Erklärung darin finden, dass die Verletzungen sich auf tiefer liegende Hirnantheile, ja selbst auf die Med. oblongata erstreckten.

Nachdem das operirte Huhn einige Stunden erschöpft gelegen, erhebt es sich gewöhnlich aus seiner hockenden Stellung und steckt den Kopf unter die Rückenfedern, um scheinbar normal zu schlafen. Es behält jedoch so lange es lebt die Neigung mehr zu hocken als es gesunde Hühner thun, und mehr zu schlafen, so dass es halbe Tage lang in normaler Schlafstellung verharrt. Nach Verlauf einiger weiterer Stunden beginnt es langsam, fast wie vorsichtig, mit etwas eingezogenem Kopfe herumzugehen. Plötzlich unterbricht es seinen Gang um oft in der Mitte des Zimmers, in welchem Leute ab- und zugehen, wieder die Schlafstellung einzunehmen. Nach einigen Tagen kann man bemerken, dass das Thier Futter sucht, d. h. auf den Boden pickt — gleichgültig ob etwas da liegt oder nicht — und mit den Füssen scharrt, auch auf glattem Boden. Manche Versuchshühner lernen vorgeworfenes Futter, wenn auch sehr ungeschickt, aufzupicken, andere lernen es nie. Hingegen habe ich einmal in dem Kropf eines solchen Thieres ein ca. halbmeter langes Leinenbändchen gefunden, doch kann ich nicht mehr angeben, ob dieses Huhn für gewöhnlich Futter frass oder nicht. Wird dem Thiere täglich Futter und Wasser in den Schnabel gebracht, so kann es mehrere Monate am Leben erhalten werden. Man bemerkt dann beim Schlucken die den Hühnern eigenthümlichen Bewegungen; FLOURENS[2] hatte

---

1 Gegen die Schmerzhaftigkeit sprachen sich aus: ARISTOTELES, De partibus animalium. lib. II. Cap. 7; GALENUS, De causis symptomatum. I. Cap. 8. III; ANDR. DU-LAURENS, Histor. anotom. hum. corpor. et sing. ej. part. Paris 1600; CORTESI, In librum Hippocratis de vulneribus capitis commentarius. Messinae 1632; LORRY, Mém. de l'Acad. des sciences. Savants étrangers. III. p. 352. 1760; LÉCAT, Traité de l'existence de la nature et de propriétés du fluide des nerfs. p. 290. Berlin 1765; LONGET, Anat. et Physiol. du syst. nerv. Paris 1842. Für die Schmerzhaftigkeit äusserten sich: HALLER, Elem. physiol. IV. p. 312 u. 313, der seine Ansicht theils auf pathologische Erfahrungen, theils auf Versuche an Thieren stützt und eine Reihe älterer Autoren anführt, welche derselben Anschauung waren. Vergl. auch HALLER, Mémoire sur la nature sensible et irritable des parties du corps anim. Lausanne 1756. SERRES, Anat. comp. du cerveau. Paris 1827; RENZI, Saggio di Fisiologia sperimentale sui centri nervosi etc. Ann. univers. di Med. Vol. 186. 187. 189. (Zum Theil citirt nach LONGET l. c.)

2 FLOURENS, Recherches expér. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv. p. 87. Paris 1842.

eine so operirte Henne zehn Monate erhalten, und Voit[1] berichtet das bisher einzig dastehende Factum, dass sich bei einer Taube fünf Monate nach der Operation neugebildete Gehirnmasse in Form von zwei mit je einer Höhle versehenen Halbkugeln vorgefunden habe, welche aus doppelt-conturirten Nervenfasern und Ganglienzellen bestanden. Die Art wie diese Thiere zu Grunde gehen ist höchst auffallend. Man bemerkt nämlich im Verlaufe der Wochen nach der Operation, dass wenn die Fütterungszeit heranrückt, der am Vortage gefüllte Kropf noch nicht leer ist. Diese Entfernung des Futters aus dem Kropf wird immer mangelhafter, während das Thier sichtlich abmagert. Schliesslich, wenn die Brustmuskeln gänzlich abgemagert sind, und der Kamm des Sternums fast wie am Skelet vorsteht, stirbt das Thier unter Krämpfen, oft nachdem es einige Stunden, oder einen Tag vorher noch wie gewöhnlich im Zimmer herumgegangen ist. Der Kropf ist natürlich noch mit Futter gefüllt.

Es ist vielfach die Frage ventilirt worden, ob diese Thiere noch „empfinden.“[2] Geruchsempfindungen haben sie sicher keine mehr, denn der N. olfactorius wurde bei der Operation mit entfernt. Sie sehen noch, denn sie weichen Gegenständen aus, blicken auch nach einem Lichte u. s. f. doch muss es dahingestellt bleiben, ob man dies ein Sehen im gewöhnlichen Sinne nennen will. Auf Lichtwirkung zieht sich die Iris wie gewöhnlich zusammen, ja es tritt bisweilen auch Blinzeln ein. Weniger deutlich sind die Aeusserungen davon, dass die Thiere noch hören. Longet erzählt zwar, dass er mehrere hundert Mal folgendes Experiment angestellt habe. Eine enthirnte Taube wird neben einen Schirm gesetzt und hinter diesem Schirm, für sie unsichtbar, ein Gewehr abgefeuert. Das Thier erschrickt sichtlich. Oft reichte auch das Losschlagen eines Zündhütchens hin, um die Taube aus ihrer trägen Ruhe auffahren zu machen. Aehnliches beobachtete Vulpian.[3] Doch ist hierbei zu bemerken, dass starke Schallempfindungen, wie die hier angewendeten, auch mit Tastempfindungen verbunden zu sein pflegen, hervorgerufen durch die grob mechanische Erschütterung, welche die Luftbewegung erzeugt. Damit soll nicht gesagt sein, dass jene Taube nicht gehört habe, sondern nur dass jenes Experiment nicht beweisend sei. Doch auch hier muss gefragt werden, ob man den Eindruck, den das

1 Voit, Beobacht. nach Abtr. der Grosshirnhemisphären bei Tauben. Sitzgsber. d. k. bair. Acad. d. Wiss. 1868.

2 Vergl. hierüber Longet l. c., wo sich die ältere Litteratur über diesen Gegenstand findet, welche hier wohl übergangen werden darf.

3 Vulpian, Expériences ayant pour but de rechercher, quelle est la partie des centres nerveux qui préside aux phénomènes de l'émotion. L'Institut No. 1590.

Thier ohne Hemisphären hat, noch mit dem Namen „Hören" bezeichnen will.

Ob unser Huhn noch Geschmacksempfindung hat, lässt sich um so weniger feststellen, als wir von der Fähigkeit eines normalen Huhns zu schmecken so gut wie nichts wissen. Auf Tasteindrücke zeigen sich, wenn sie schmerzhaft sind, jene abwehrenden Bewegungen, welche allgemein als Reflexbewegungen bezeichnet werden; hat man früher vom „sehen" und „hören" gesprochen, so müsste man jetzt von Tastempfindungen sprechen. Da man aber weiss, dass Reflexbewegungen noch zu Stande kommen, wenn das Rückenmark allein da ist, da man weiss dass sie mit bewussten Empfindungen nicht zusammenzuhängen brauchen, so wird man vorsichtig sein in der Deutung der obigen Versuche, und anerkennen, dass jene Bewegungen nicht als Aeusserung eines Hörens und Sehens im gewöhnlichen Sinne aufzufassen, sondern entweder Reflexbewegungen oder etwas diesen Aehnliches sein können.

Die wichtigste Erscheinung am enthirnten Huhne ist der Verlust der Intelligenz. So muss man die Thatsache bezeichnen, dass das Thier sich in irgendwelchen näherungsweise schwierigen Situationen nicht mehr zu helfen weiss, dass es keine Handlungen mehr mit Ausnahme der sogenannten instinctiven auszuführen vermag. So weicht es zwar, wenn es ganz nahe herangekommen ist, noch Hindernissen aus, steigt wohl auch auf einige Centimeter hohe Leisten u. dgl., fliegt aber nie mehr vom Boden auf einen Stuhl, entflieht nicht mehr, wenn man sich ihm nähert, sondern lässt sich ruhig fassen, um dann einige ungeschickte Fluchtversuche zu machen, vom Tisch herabfallend fliegt es nicht schief zur Erde nieder, wie es ein normales Huhn thun würde, sondern fällt flatternd mehr oder weniger direct zu Boden. Auf den Finger gesetzt lässt es sich wie ein Jagdfalke tragen, würde aber bei raschen Bewegungen das Gleichgewicht verlieren und herunterfallen. Es fürchtet sich nicht mehr vor einem Hunde, gewöhnt sich nicht an eine Schlafstätte oder einen sonstigen Lieblingsplatz, wo man es hinsetzt bleibt es so ruhig sitzen, als hätte es schon lange dagesessen. Es hat also offenbar nach wenigen Secunden die peinliche Lage in der es sich befand, so lange es in der Hand gehalten wurde, vergessen, wenn man in einem solchen Falle von „Vergessen" sprechen will.[1]

Diese und viele andere Thatsachen drängen zu der Behauptung, dass mit den Hemisphären des grossen Gehirns das Organ der In-

1 Vergl. die Schilderung eines enthirnten Huhnes in Brücke, Vorlesungen über Physiologie. II. S. 53. Wien 1876.



telligenz entfernt worden ist. Dabei können die Bewegungen des enthirnten Thieres immer noch in hohem Grade zweckdienlich erscheinen. Goltz[1] hat eine Reihe diesbezüglicher Versuche an enthirnten Fröschen ausgeführt, deren Resultate zeigten, dass auch diese Thiere sich noch verhältnissmässig gut zurechtfinden, und Onimus[2] zeigte, dass eine von einer Henne aufgezogene enthirnte junge Ente, die niemals im Wasser war, sobald sie in dieses gebracht wurde, in normaler Weise schwamm.

Von der Function der Hemisphären als dem Organe des Bewusstseins hat man sich noch auf andere Weise durch Versuche an Thieren eine Anschauung zu verschaffen gesucht. Statt nämlich die Hemisphären zu exstirpiren, hat man sie theils durch Blutentziehung, theils durch Abkühlung functionsunfähig gemacht. Auf Unterbindung oder Compression der Carotiden und Wirbelschlagadern tritt ein bewusstloser Zustand ein, der bald in Scheintod und Tod übergeht, den aber Brown-Séquard[3] an einem künstlich respirirten Hunde noch nachdem er 17 Minuten angedauert hat, sich wieder lösen sah, als die Compression aufgehoben wurde. Kussmaul und Tenner[4] geben an, dass beim Kaninchen schon 2 Minuten nach der Absperrung des Blutes vom Gehirn jener todähnliche Zustand eintritt, und A. Fleming[5] beschreibt den bewusstlosen, schlafähnlichen Zustand, in welchen ein Mensch durch Compression der Carotiden versetzt werden kann, ja empfiehlt diese Compression sogar als Ersatz für Anaesthetica, indem er hervorhebt, dass jener Bewusstlosigkeit keinerlei üble oder auch nur unangenehme Nachwirkung folgt.

Mitchell[6], Richardson[7] und später Walther[8] beobachteten bei Thieren, deren Hemisphären bis zum Gefrieren abgekühlt waren, Erscheinungen, welche den an enthirnten Thieren beobachteten entsprechen. Die durch zerstäubten Aether hervorgerufene Abkühlung konnte bei Vögeln, die eine sehr dünne Schädeldecke haben, auch

1 Goltz, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868. S. 690. 705.

2 Onimus, Recherch. expérim. sur les phénomènes consécutifs à l'ablation du cerveau etc. Journ. de l'anatom. et de la physiologie. 1871. 7. année.

3 Brown-Séquard, Recherches expér. sur les propriétés et les usages du sang rouge et du sang noir. Compt. rend. XLV.

4 Tenner, Unters. über d. Ursprung u. d. Wesen d. fallsuchtartigen Zuckungen u. d. Fallsucht überhaupt. Molesch. Unters. II. Froriep's Neue Notizen. II. 1857.

5 Fleming, Note sur la production du sommeil et de l'anesthésie par la compression des carotides. Rev. méd. française et étrangère. Juin 1855.

6 Mitchell, On retrogressive motions in birds produced by the application of cold to the cervical spine etc. American journ. of the medic. sciences. January 1867.

7 Richardson, On the influence of extreme cold on nervous function. Medic. times and gazette. 1867. May, Juli, Aug.

8 Walther, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1868. S. 449.

durch diese ohne dieselbe zu verletzen vorgenommen werden. Lässt man die Gehirne langsam wieder aufthauen so erholen sich die Thiere vollkommen, bei raschem Aufthauen gehen sie zu Grunde. Erstreckt sich die Abkühlung bis auf das Athemcentrum so tritt sogleich Tod ein.

Wie man sieht sind diese Methoden der Ausschaltung der Hemisphären aus nahe liegenden Gründen noch weiter davon entfernt ein exactes Experiment zu liefern, als die Exstirpation.

Fast noch deutlicher als durch die Exstirpation des ganzen Grosshirns wird dessen Function als Organ der Intelligenz illustrirt, wenn man einem Thiere nur eine Hemisphäre des grossen Gehirns entfernt, oder in höherem oder geringerem Maasse functionsunfähig macht.

Der erste der hier das Richtige getroffen zu haben scheint, dürfte Renzi [1] sein. Er sagt von Säugethieren, denen er eine Hemisphäre entfernt hatte, dass ihre Intelligenz nicht gelitten habe, dass sie auf dem Auge der entgegengesetzten Seite auch nicht blind geworden seien, dass sie aber die geistige Auffassung der Gesichtseindrücke und der Bewegungen der entgegengesetzten Seite verloren hatten. Aehnliches geben Lussana und Lemoigne [2] für eine Taube an, der sie eine Hemisphäre und das Auge derselben Seite exstirpirt hatten. Diese Taube verhielt sich, was den Gesichtssinn anbelangt, ähnlich einem Thier, dem beide Hemisphären weggenommen sind.

In neuester Zeit sind derartige Versuche von Goltz [3] an Hunden ausgeführt worden, auf welche hier etwas ausführlicher eingegangen werden mag.

Um die tödtlichen Blutungen zu vermeiden, an welchen die früheren Exstirpationsversuche an Hunden gewöhnlich scheiterten, brachte Goltz im Schädeldache eine oder mehrere Trepanöffnungen an, und leitete durch dieselben den Wasserstrahl einer Spritze. Dieser durchwühlte die Gehirnmasse und schwemmte dieselbe durch die Oeffnungen zu Tage ohne die grösseren Gefässe zu zerreissen. Durch passend gebogene Canülen konnte auf diese Weise ein grosser Theil einer Hemisphäre entfernt werden. Wurde die Haut über der Oeffnung wieder geschlossen und die Wunde gepflegt, so überstand eine beträchtliche Anzahl der so operirten Thiere den Eingriff, ja er konnte an einem derselben mehreremale wiederholt werden. Denn es leuchtet ein, dass so auf Einmal nicht die ganze Rinde

1 Renzi, Saggio di Fisiologia sperimentale sui centri nervosi della vita psychica nelle quatro classi degli animali vertebrate. Ann. univers. di Med. Vol. 186. 187. 189, und als selbstständiges Buch unter dem Titel: Saggio di Fisiologia sperimentale etc. Milano. Presso la Societa per la publicazione degli Ann. univ. delle scienze e dell' Industria 1863.

2 Lussana e Lemoigne, Fisiologia dei centri nervosi encefalici. Padova 1871.

3 Goltz, Ueb. d. Verrichtung. d. Grosshirns. Arch. f. d. ges. Physiol. XIII u. XIV.



einer Halbkugel entfernt werden konnte, ja es ist keinem Zweifel unterworfen, dass auf diesem Wege überhaupt die ganze Rinde nicht entfernt werden kann. Auch ist es bei dieser Operationsweise noch schwieriger als bei der Exstirpation, wie sie oben geschildert worden, die Ausdehnung der gesetzten Läsion zu beurtheilen, da man nicht wissen kann, wieweit sich die Wirkung des Druckes, den der Strahl ausübt, die Circulationsstörungen und das Absterben halbzerstörter Gehirnmasse erstreckt. Für die Frage, die uns im Momente interessirt, kommen diese Umstände nicht wesentlich in Betracht: es genügt zu wissen, dass auf diese Weise die Zerstörung eines grossen Theiles einer Hemisphäre, und zwar hauptsächlich der Rinde erzielt wird.

Die ersten Stunden nach der Operation erscheint das Thier auf der der operirten Halbkugel entgegengesetzten Seite gelähmt, und anästhetisch in Bezug auf den Tastsinn und das Auge dieser gelähmten Seite. (Die übrigen Sinnesorgane genau zu prüfen ist der Schwierigkeit wegen unterlassen worden).

Nach Verlauf von Stunden und Tagen tritt die Empfindlichkeit und Beweglichkeit dieser Seite wieder auf und bessert sich verhältnissmässig schnell, bis das Thier wenigstens auf den ersten Blick sich von einem gesunden nicht mehr unterscheidet. Aber auch jetzt noch lassen sich bei genauerer Beobachtung gewisse Eigenthümlichkeiten an ihm erkennen, welche es so lange es am Leben erhalten wird, nicht mehr verliert. Goltz erhielt so operirte Hunde mehrere Monate.

Die Eigenthümlichkeiten, welche diese Thiere in diesem stationären Zustand zeigen, sind folgende:

Die Hautsensibilität ist auf der dem Operationsfeld entgegengesetzten Seite herabgesetzt.[1] Ein Gewicht, welches auf die gesunde Pfote gelegt, eben eine Aeusserung des Unbehagens hervorrief, musste mehr als verdoppelt werden, wenn es auf der kranken Seite denselben Erfolg erzielen sollte. Ein solches Thier nimmt mit seinen kranken Beinen oft die unbequemsten Stellungen ein; benimmt sich mit diesen ungeschickt und tölpelhaft; tritt, auf den Tisch gesetzt, über den Rand hinaus und fällt dadurch leicht herunter; steigt in sein Wassergefäss; gleitet auf einem glatten Fussboden aus, ebenso wenn es sich schüttelt; es benutzt nie die kranke Vorderpfote zum Festhalten oder Verscharren eines Knochens; stellt es sich auf die Hinterbeine, um über eine Brüstung wegsehen zu können, so stemmt es sich nur mit dem gesunden Bein dagegen, während es mit dem

1 Wie schon Schiff hervorhob. Vergl. Lezioni di fisiologia sperimentale. p. 523. Firenze 1873. Uebersetzt im Arch. f. experim. Pathol. III. Vergl. auch Schiff's Lehrbuch der Physiologie des Menschen. Lahr 1858—59.



kranken ungeschickte scharrende Bewegungen macht. Thiere, welche abgerichtet waren, auf Wunsch die Pfote zu geben, thaten dies nicht mehr oder doch nur sehr schwer mit der kranken Pfote, nachdem sie operirt waren, während sie die gesunde Pfote herzugeben nicht verlernt hatten.[1]

Ein solches Thier ist im Stande, zugeworfene Stücke Fleisch geschickt mit dem Rachen aufzufangen, es sieht also gut, benutzt aber augenscheinlich nur das gesunde Auge (das derselben Seite, auf welcher die Operation vorgenommen wurde), denn es vermag ein Stück Fleisch und ähnliches, das man ihm seitlich so vorhält, dass es nur mit dem kranken Auge gesehen werden könnte, nicht zu erkennen. Drohende Geberden, vor diesem kranken Auge ausgeführt, erschrecken es nicht. GOLTZ führte einem solchen Thiere eine abenteuerlich vermummte Gestalt vor. Das Thier stürzte nach Art der Haushunde wüthend auf dieselbe los; diese zog sich sogleich zurück. Darauf wurde diesem Thiere das gesunde Auge enucleirt, und nachdem es sich von dieser Operation wieder erholt hatte, wurde ihm die vermummte Gestalt wieder vorgeführt. Jetzt aber verhielt sich das Thier ganz gleichgültig gegen dieselbe. Das Thier hat seine Geschicklichkeit im Auffangen des Fleisches verloren, ist aber nicht etwa blind, denn es folgt mit seinem Kopfe den Armbewegungen des Werfenden. Im Zimmer frei herumlaufend stösst es nirgends an. Uebrigens erscheint der Hund träge und theilnahmlos. „Weil die Gesichtseindrücke in ihm keine Gemüthsbewegung mehr erwecken, so erlebt er wenig und versinkt in träges Hinbrüten“. Sobald man ihm durch eines seiner gesunden Sinnesorgane einen Eindruck zuführte, erwachte seine alte Lebendigkeit. Als ihm eine Ente hingehalten wurde, „glotzte er sie ebenso stumpf an, wie jeden beliebigen anderen Gegenstand. Sobald aber die Ente absichtlich zu lautem Schreien gebracht wurde, sprang er in äusserster Aufregung bellend empor und wollte sich ihrer bemächtigen“. Er erkennt ein Stück Fleisch mit dem Auge nicht. Ein solches Thier erschrickt nicht mehr vor der Peitsche; sobald man aber mit derselben knallt, verkriecht es sich ängstlich. Zum Fenster hinausgehalten sträubt es

---

1 Diese Beobachtungen rühren zum Theil schon von früheren Forschern her. BOUILLAUD, Journ. de physiol. expériment. et pathol. X. Paris 1830; FLOURENS, Recherches experimentales sur les propriétés et les fonctions du système nerveux. Paris 1842; VULPIAN, Leçons sur la physiologie générale et comparée du syst. nerv. Paris 1866; GOLTZ, der diese Autoren kennt und anführt, weicht, was die Erklärung dieser Erscheinungen anbelangt, von ihnen insofern ab, als er geneigt ist, das Hauptgewicht auf die Herabsetzung der Hautsensibilität zu legen. Es wird in der speciellen Physiologie der Hirnrinde auf diese und andere hierher gehörige strittige Punkte näher eingegangen werden.



sich nicht. Es wagt keine Sprünge mehr weder von einer Platte, welche mehr als 32 cm. über dem Boden angebracht war, auf diesen herab, noch von einem Tisch auf einen anderen, Sprünge, welche andere Hunde, die ebenso operirt waren, aber das gesunde Auge noch behalten haben, mit Leichtigkeit ausführen. Dabei ist das Thier im übrigen kühn und unternehmend. Analoge Verhältnisse fand Goltz [1], als er Hunden beide Hemisphären auf die oben geschilderte Weise verletzte. Natürlich betrafen hier die Störungen auch beide Seiten des Thieres.

Wir werden später, wenn von der speciellen Physiologie der Hirnrinde die Rede sein wird, sehen, dass die Ergebnisse dieser Versuche in mancher Beziehung vieldeutig und der Angelpunkt differirender Anschauungen sind: den Punkt aber sind sie in hohem Grade geeignet klar zu stellen, dass die Hirnrinde der Sitz der Intelligenz ist und dass die geistige Verarbeitung der Sinneseindrücke eines Auges ganz oder zum Theil in der Hirnrinde der entgegengesetzten Seite geschieht. Was hier vom Auge nachgewiesen, von den Tastempfindungen wahrscheinlich gemacht ist, gilt, so dürfen wir vermuthen, auch für die übrigen Empfindungen.

5. Endlich ist für die Stellung, welche die Hirnrinde den psychischen Functionen gegenüber einnimmt, noch ein Punkt von Wichtigkeit. Es wird später ausführlich die Rede davon sein, dass unter gewissen Verhältnissen bestimmte Muskelgruppen in Contraction gerathen, wenn die Pole einer electrischen Batterie auf später näher zu bezeichnende Stellen der Hirnrinde eines Versuchsthieres aufgesetzt werden. Die Voraussetzung nun, dass durch diese Reizung ein den psychischen Acten nahe stehender Vorgang ausgelöst wird, erhält ihre Bestätigung in dem Umstande, dass die electrische Reizung erfolglos ist bei neugeborenen Thieren (Hunden bis zum 9.—11. Tag) [2] einerseits und bei gewissen Arten tiefer Narcose andererseits [3], also in jenen Fällen, in welchen auch sonst Aeusserungen eigentlich psychischer Impulse fehlen.

Nach dem im vorstehenden Mitgetheilten muss es auffallend erscheinen, dass es eine grosse Anzahl sicher constatirter Fälle giebt,

---

1 Goltz u. Gergens, Ueber die Verrichtungen des Grosshirnes. Arch. f. d. ges. Physiol. XIV. S. 412.

2 Soltmann, Zur elektr. Reizbarkeit der Grosshirnrinde. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. S. 209 und Ders., Experim. Stud. über die Function des Grosshirns der Neugeborenen. Jahrb. f. Kinderheilkde. N. F. IX. Vergl. auch Tarchanoff, Sur les centres psychomoteurs des animaux nouveau-nés. Revue mensuelle de médec. et de chirurg. 1878. p. 721 u. 826.

3 Hitzig, Unters. z. Physiol. d. Gehirns. 4. Abh. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873.

in welchen Menschen zum Theil sehr beträchtliche Verluste von Gehirnsubstanz erlitten, ohne irgendwelche merkliche Aenderung ihrer geistigen Functionen. Es wird auf diesen Gegenstand und seine Erklärung, so weit von einer solchen gesprochen werden kann, im Capitel über die Rindengebiete des Menschen (s. unten) näher eingegangen werden.

ZWEITES CAPITEL.

Die Empfindungsimpulse.

I. Die Empfindungen und Wahrnehmungen im Allgemeinen.

Nach den heutigen Anschauungen *bringt jede sensible Nervenfaser sie mag auf welche Weise immer erregt werden, eine Empfindung in das Bewusstsein, welche sich von jeder Empfindung, die von einer anderen Nervenfaser geliefert wird, unterscheidet.*

Dieser Satz ist mit nicht unbedeutender Wahrscheinlichkeit aus dem Studium des Seh-, Gehör- und Tastsinnes hervorgegangen, während der Nachweis desselben für den Geschmack- und Geruchsinn noch nicht geliefert ist. Er beruht a) auf dem Gesetz der specifischen Sinnesenergie [1] von Johannes Müller, welches aussagt, dass ein Sinnesnerv immer, wenn er gereizt wird, nur die ihm zugehörige Empfindung hervorrufen kann: die Netzhaut oder der Sehnerv auf elektrischem, mechanischem oder dem normalen Weg in Erregung versetzt, vermitteln immer nur eine Lichtempfindung; ebenso die Tastnerven immer nur Tastempfindungen, der Hörnerv Gehörsempfindungen. b) Weiter hat sich gezeigt, dass, soweit die Dinge verfolgt werden konnten, auch jedes End-Element der Netzhaut eine andere Empfindung hervorruft als jedes andere. Wäre dieses nicht der Fall, so würden wir den Ort, an welchen uns z. B. ein sehr kleiner Stern erscheint, nicht angeben können, denn es würde sich dann die Empfindung die er hervorruft, wenn sein Bild auf den Netzhautzapfen α liegt, nicht unterscheiden von der, welche sein Bild auf dem Netzhautzapfen β hervorruft. Unser Unterscheidungsvermögen entspricht

[1] Joh. Müller, Handb. d. Physiol. d. Menschen. II. S. 250. Coblenz 1840.

nun in Wirklichkeit der Kleinheit unserer Netzhautelemente [1], so dass man mit Bestimmtheit behaupten kann, dass jedes derselben eine ihm charakteristische Empfindung hervorruft. Ebenso hat sich gezeigt, dass jeder Endfaser des Gehörnerven ihre specifische Empfindung zugesprochen werden muss etc. c) Endlich beruht dieser Satz auf dem Gesetz der isolirten Leitung, welches aussagt, dass die einem Nervenfaserende mitgetheilte Erregung in dieser Faser isolirt bis zum Organ des Bewusstseins verläuft, sich also nicht etwa den begleitenden Nervenfasern mittheilt. Wir werden später sehen, dass es einige Fälle giebt, für welche dieses Gesetz entweder eine Ausnahme erleidet, oder doch jedenfalls nicht ohne Weiteres anerkannt werden kann. Im grossen Ganzen ist es natürlich stichhältig.

Die durch ein sensibles Element vermittelte Empfindung wollen wir ein Empfindungselement [2] nennen. Jedes Empfindungselement hat eine Seite in welcher es gleich, oder doch vergleichbar ist mit Empfindungen, welche andere Elemente desselben Sinnesorganes hervorrufen. So hat die Empfindung eines reinen Tones immer noch eine gewisse Aehnlichkeit mit der Empfindung eines anderen Tones, durch welche sich diese beiden Empfindungen, wenn sie auch nie identisch sein können, als zusammengehörig oder doch zusammengehöriger manifestiren als die Empfindung des Tones mit der z. B. des Kitzelns. Zwei Empfindungen des Blau, hervorgerufen an zwei verschiedenen Netzhautstellen sind nicht identisch, wohl aber in einem Punkt, eben was das Blau anbelangt, gleich. Oder gesetzt den Fall wir empfinden an einer Hautstelle, hervorgerufen durch ein aufliegendes Gewicht einen bestimmten Druck, so können wir auf einer benachbarten Hautstelle eine ebensolche Empfindung hervorrufen. Beide Empfindungen, durchaus nicht identisch, sind in einem Punkt gleich. War das zweite Gewicht wesentlich rauher, oder war es mit einer Spitze versehen, so sind die beiden Empfindungen immer noch mehr vergleichbar, als die erste Empfindung des Druckes etwa mit der Empfindung eines Tones war.

Diese Seite nun in welcher die Empfindung jedes Nervenelementes gleich, oder doch vergleichbar wird der Empfindung anderer, nennt man die Qualität der Empfindung, und spricht in diesem Sinne von der Empfindung eines Druckes, von der Empfindung des Blau, von der Empfindung eines bestimmten Tones, oder eines gewissen Ge-

---

1 Helmholtz, Physiolog. Optik. S. 215.

2 Preyer versteht etwas anderes unter einem Empfindungselement. Vergl. dessen „Elemente der reinen Empfindungslehre". Samml. physiol. Abh. Herausgegeb. von Preyer. Jena 1877.

schmackes etc. Dasjenige hingegen, was in den oben angeführten Beispielen die Empfindungen, welche die beiden gleichen Gewichte, oder die beiden Blau-Erregungen hervorriefen, unterscheidet, nennt man das Localzeichen. Zwei gleichzeitig gesehene Sterne von gleicher Grösse und Farbe rufen also Empfindungen hervor, die sich nur durch ihr Localzeichen unterscheiden.

Endlich kann die Empfindung jedes Nervenelementes noch an Intensität variiren: ein Ton z. B. kann schwach und stark ertönen, ebenso ein Stern heller und weniger hell sein.

Obwohl also jede Erregung erstens durch die betheiligten Nervenfasern und zweitens durch die Intensität ihrer Reizung vollkommen bestimmt ist, spricht man doch von den drei Elementen einer Empfindung: ihrer Qualität, ihrem Localzeichen und ihrer Intensität oder Quantität.

Die Qualität der Empfindung variirt nicht nur von Sinnesorgan zu Sinnesorgan, sie variirt auch innerhalb eines und desselben Sinnesorganes. Roth, Grün etc. sind Qualitäten der Lichtempfindung, Töne verschiedener Höhe Qualitäten der Gehörsempfindung und ähnlich verhält es sich bei den anderen Sinnesorganen.

Die Qualitäten verschiedener Sinnesorgane können sich sehr ähnlich sein (man denke nur an die Empfindungen, von denen wir kaum wissen ob sie dem Bereich des Geschmackes oder dem des Geruches angehören) und andererseits können die Empfindungsqualitäten eines und desselben Sinnesorganes so verschieden sein, dass von einer Vergleichbarkeit kaum mehr die Rede sein kann. So unterscheidet sich die Empfindungsqualität, welche unsere Hornhautnerven liefern (bei Verletzung der Hornhaut oder ihres Epithels durch einen „in das Auge gefallenen“ Gegenstand) von der Qualität einer Druckempfindung so sehr, dass, sie mit den gewöhnlichen Tastempfindungen zusammenzuwerfen, der Sache Gewalt anthun heisst, um so mehr als sich jene Hornhautempfindung bei Steigerung niemals zu der gewöhnlichen Schmerzempfindung umwandeln lässt, sondern stets ihren Charakter beibehält. Geht man also bei der Eintheilung der Empfindungen nach Sinnen von dem Princip aus, dass einem Sinne angehört, was sich in der Empfindung als zusammengehörig erweist, dann muss man sagen, dass unter den Begriff des Tastsinnes so heterogene Empfindungen zusammengedrängt worden sind, dass unsere Eintheilung in fünf Sinne nothwendig einer Revision bedürfte. Ohnehin umfasst die alte Eintheilung längst nicht mehr alle uns näher bekannten Empfindungen. Ich erinnere an die von den Bogengängen des Ohrlabyrinthes vermittelten, sowie an alle bei Affecten auftretenden Empfindungen.

Die Qualitäten der Empfindung ändern sich mit der Intensität, weshalb der oben aufgestellte Satz nur für Reize innerhalb der normalen Grösse auf Gültigkeit Anspruch machen kann. (Vergl. das gelegentlich psychophysischer Streitfragen S. 241 Auseinandergesetzte.)

In gewissen Fällen ist es sicher, dass diese Aenderung der Qualität in der Function der Endapparate ihren Grund hat, z. B. das Weisslich-werden aller Farben bei hoher Intensität.

In anderen Fällen scheint die Ursache darin zu liegen, dass das Gesetz der isolirten Leitung bei starken Erregungen keine Giltigkeit mehr hat. Die von PURKINJE zuerst beschriebene subjective Gesichtserscheinung, welche unter dem Namen der elliptischen Lichtstreifen bekannt ist, scheint daher zu rühren, dass die Erregung in der Opticusschichte der Netzhaut von den direct erregten Fasern auf die benachbarten überspringt. Auch kann man beobachten, dass ein von einem bestimmten Zahne ausgehender Zahnschmerz sich scheinbar auf die benachbarten ausbreitet, dass aber auch der mit der Krone diesen berührende Gegenzahn im anderen Kiefer betheiligt ist, so dass man im Zweifel darüber sein kann, welcher von diesen beiden der kranke Zahn ist. Da die beiden Gegenzähne im Leben fast stets gleichzeitig sensuell erregt werden, so bringt diese Erscheinung auf den Gedanken, die Erregung breite sich erst im Centralorgan aus.

Das Localzeichen kommt nicht den Empfindungen aller Sinnesorgane zu. Räumliche Sinne, d. h. solche bei welchen das Localzeichen eine wesentliche Rolle spielt, sind vor allem Gesicht und Getast. Letzteres betrifft hauptsächlich die äussere Haut, denn die Empfindungen, welche von den inneren Organen unseres Körpers ausgehen, sind schlecht localisirt.[1]

Die Intensität der Empfindungen wird uns noch des Weitern beschäftigen. Hier sei nur erwähnt, dass sich auf ihre Intensität nur zwei Empfindungen vergleichen lassen, wenn sie gleiche Qualitäten haben.

Die Empfindungen als solche setzen uns nicht unmittelbar in den Stand uns in der Aussenwelt zu recht zu finden. Vielmehr tritt jetzt die seit Jahrhunderten discutirte Frage an uns heran, wie ist es möglich, dass uns jene Sinnesorgane „richtige Vorstellungen" der Dinge in das Bewusstsein bringen. Die Schwierigkeit dieser Frage leuchtet sogleich ein, wenn man bedenkt, dass wir unsere Kenntnisse von den Aussendingen den Wirkungen dieser auf unsere Sinnesorgane verdanken, und dass jede Wirkung erstens dem einwirkenden Ding nicht nur unähnlich, sondern gar nicht vergleichbar ist. Man denke z. B. an die Wirkung, welche eine Säure auf blaue Lakmustinctur ausübt oder an die Bewegung der aufgehängten Magnetnadel, welche eintritt, wenn in den dieselbe umkreisenden Draht ein electrischer Strom hereinbricht. Welche Aehnlichkeit zwischen dem Auftreten

1 Vergl. über Localzeichen: KRIES und AUERBACH, Die Zeitdauer einfachster psychischer Vorgänge. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1877. S. 349 ff.

der rothen Farbe und der einwirkenden Säure, oder der Bewegung der Magnetnadel und dem electrischen Strom? Wie sollte also auch eine Aehnlichkeit zu Stande kommen zwischen den durch die Empfindungen vermittelten Vorstellungen und den einwirkenden Aussendingen? Zweitens hängt jede Wirkung ab, nicht nur von dem einwirkenden, sondern auch von dem Gegenstand, auf welchen eingewirkt wird. Die Wirkungen auf die Sinnesorgane müssen also verschieden sein je nach den Individuen, da es sicher ist, dass die Sinnesorgane nicht bei allen Menschen gleich sind. Wie kommen dann alle Menschen zu Empfindungen, welche sie zu „richtigen Vorstellungen" führen?

Es ist in den letzten Decennien gelungen, diese Frage in ihren Hauptzügen endgültig zu beantworten.

Ich will im Folgenden die jetzt gangbare Lehre skizziren und dabei von einigen Modificationen, die später erwähnt werden sollen, vorläufig absehen.

Eine Aehnlichkeit zwischen dem Ding und seiner Vorstellung existirt nicht nur nicht, sondern ist eine dem jetzigen Stand der Naturwissenschaften längst nicht mehr entsprechende Idee einer kindlichen Philosophie alter Zeiten.

Die Art, wie wir zu unseren Vorstellungen kommen, ist vielmehr folgende: Wie oben auseinandergesetzt, ist die Empfindung, welche je eine sensible Nervenfaser im Bewusstsein hervorruft, für sich vollkommen charakterisirt. Sie wird also von dem mit Gedächtniss begabten Individuum immer wenn sie eintritt wiedererkannt werden. Darin liegt der Schlüssel zur Lösung unserer Frage. Wir werden so oft eine Empfindung eintritt erkennen, dass dies die Empfindung ist, welche zu jener bekannten Zeit und unter jenen bekannten Umständen auch aufgetreten war, und da unsere Sinnesorgane so eingerichtet sind, dass unter gleichen äusseren Umständen zu verschiedenen Zeiten (abgesehen von gewissen in das Bereich der Sinnestäuschungen fallenden Umständen) gleiche Empfindungen eintreten, so werden wir bei Eintritt dieser bekannten Empfindungen erkennen, dass gleiche äussere Umstände, wie in diesem und jenem Falle vorliegen. Dies ist alles, was zu der Construction einer Vorstellung nöthig ist. Unsere Empfindungen fungiren also mit ihren Verschiedenheiten wie die Buchstaben eines Buches. Die Vorstellungen sind dem Inhalte des Buches zu vergleichen. Beim Buchstaben besteht keine Beziehung zwischen seiner Form und dem Laut, dem er als Symbol dient, ebenso bei der Empfindung und dem Object, welches sie erregt. Der Buchstabe hat seine Bedeutung darin, dass er stets

denselben Laut zum Bewusstsein bringt; ebenso die Empfindung. Oder um beim oben angeführten Beispiele zu bleiben: nicht der Farbenwechsel der Lakmustinctur hat Aehnlichkeit mit der Säure, nicht die Bewegung der Magnetnadel mit dem elektrischen Strome; das Wesentliche ist vielmehr, dass Chemiker und Physiker die Anwesenheit der Säure und des Stromes an jenen Veränderungen erkennen, weil diese Veränderungen unter denselben äusseren Umständen stets wieder eintreten. Ebenso geschieht in uns die Deutung der Empfindungs-Impulse.

Ein Beispiel soll dieses klarer machen:

Auf jeder der beiden Netzhäute eines Individuums befinde sich eine Gruppe von Nervenendigungen in Erregung. Das Individuum wird also etwas sehen, und wenn nur roth-empfindende Nervenenden erregt sind [1], so wird es erkennen, dass die gegenwärtige Empfindung ihrer Qualität nach identisch ist mit der Empfindung, welche der Anblick von Blut, von einer Mohnblume etc. erzeugt hat. Diese Qualität hat das Individuum von Kindheit an mit dem Namen „Roth" bezeichnen gehört, es nennt die jetzige Empfindung also ebenso. Es ist wohl kaum nöthig zu erwähnen, dass sich diese Empfindung überhaupt nie anders beschreiben lässt, als durch Nennung des Gegenstandes, der sie hervorruft. Liegt das rothe Netzhautbild im linken unteren Quadranten der Netzhaut, d. h. sind dort liegende Netzhautenden die erregten, dann hat das Individuum eine Empfindung, die sich zwar ebensowenig wie die obere beschreiben lässt, die aber immer dann eingetreten ist, wenn das Object, welches die Empfindung hervorrief, im rechten oberen Theil des Gesichtsfeldes lag. Es hat sich dies durch Erfahrung, indem das Individuum nach dem Gegenstande griff oder ihn durch die Hand dem Blicke zu verdecken gesucht hat, herausgestellt, und im jetzt eintretenden Falle, welchem viele Millionen gleichartiger Fälle vorhergegangen, erwartet das Individuum den Gegenstand in derselben Richtung zu finden. Es sieht also ein rothes Feld rechts oben. Da es hierbei bloss darauf ankommt, dass das Individuum ein oft dagewesenes Localzeichen wiedererkennt und erfahrungsgemäss deutet, so braucht es natürlich nichts davon zu wissen, wo auf der Netzhaut das Netzhautbild liegt, und weiss ja in der That in der grössten Mehrzahl der Fälle sein Leben lang nichts davon.

---

1 Es tritt bekanntlich in Wirklichkeit der Fall nie ein, dass eine Gattung der drei farbenempfindenden Nervensorten allein erregt ist, es sind vielmehr immer alle drei, wenn auch zwei nur sehr schwach an der Erregung betheiligt. Diese und ähnliche Vereinfachungen mögen im Beispiele gestattet sein.

Denken wir uns weiter die erregten Netzhautelemente so gruppirt, wie sie beim Anblick des Vollmondes, einer Münze, kurz einer Kreisscheibe gruppirt waren, so wird auch dieser freilich etwas complicirtere Empfindungscomplex wiedererkannt werden und das Individuum im rechten oberen Theile des Gesichtsfeldes eine rothe Kreisscheibe sehen. Ist auf derselben Licht und Schatten so vertheilt, wie dies unzählige Male an einem Objecte gesehen wurde, welches in die Hand genommen sich in eigenthümlicher Weise umgreifen liess, auf den Boden geworfen weiter rollte, und in der Hand gedreht stets dasselbe Netzhautbild darbot, und sich gleich anfühlte, dann wird das Individuum auch diesmal beim Anblick jener Lichtvertheilung dieselben Eigenschaften voraussetzen und eine rothe Kugel im oberen rechten Theile des Gesichtsfeldes erkennen. Endlich wird das Individuum den Gegenstand anblicken und durch vielfältige Uebung leicht den Augen eine solche Stellung geben, dass es jene Kugel nur einfach nicht doppelt sieht. Es wird hierbei eine gewisse Muskelanstrengung in den Bewegern des Bulbus machen müssen und wird erkennen, dass es Muskelimpulse von gleichem Grade immer dann gebraucht hat, wenn der anzublickende Gegenstand so weit vom Auge entfernt war, dass es denselben mit vollkommen ausgestrecktem Arm eben noch erreichte. Es wird also erkennen, dass dies in vorliegendem Falle ebenso geschehen wird.

Das Individuum ist auf diese Weise zur „Wahrnehmung" einer rothen Kugel gelangt, welche sich in einer bestimmten Richtung und einer bestimmten Entfernung befindet. Es hat also „eine richtige Vorstellung" von jenem Objecte gewonnen. Unter dem Ausdrucke „richtige Vorstellung" ist aber nichts anderes zu verstehen, als dass eben dieses Individuum durch seine gewonnene Anschauung in den Stand gesetzt ist, die Erfolge von Actionen, die es mit jenem Ding vornimmt oder die es an ihm beobachtet, richtig vorauszusehen, die Beziehungen des Dinges zu anderen Dingen richtig zu beurtheilen etc., kurz die gewonnene Vorstellung practisch zu verwerthen. Eine „richtige Vorstellung" in dem Sinne, dass dieselbe von dem beobachtenden Individuum unabhängige Eigenschaften des Dinges enthält, also das „Ding an sich" erkennen lässt, giebt es natürlich nicht, und nach einer solchen zu fragen, heisst sich auf einen überwundenen Standpunkt stellen.

Wir sind in der vorstehenden Auseinandersetzung auf Schritt und Tritt auf sogenannte Analogie-Schlüsse gestossen. Indem wir z. B. sagten das Individuum habe unzähligemale bei Reizung einer bestimmten Netzhautstelle den reizenden Gegenstand durch Ausstrecken der Hand in eine

gewisse Richtung verdecken können, und es erwartet jetzt bei Reizung derselben Netzhautstelle den Gegenstand durch dieselbe Handbewegung zu verdecken, so haben wir dem Individuum für diesen Fall einen Analogie-Schluss zugeschrieben. Solche Schlüsse nun, deren bei jeder Sinneswahrnehmung sehr viele ausgeführt werden, laufen in der Regel, wenn der Ausdruck erlaubt ist, instinctiv ab, d. h. sie fallen nicht in das Bereich des Bewusstseins. Man nennt sie deshalb auch unbewusste Schlüsse oder Inductionsschlüsse. Es ist das Verdienst Stuart Mill's [1] die Wichtigkeit und Bedeutung derselben für unsere Fragen zuerst in das richtige Licht gestellt zu haben. Dadurch dass diese Schlüsse obwohl aus Erfahrung stammend und auf dieser fussend, instinctiv geworden sind, haben sie auch das Zwingende des Instinctes gewonnen, so dass wir uns selbst gegen unsere bessere Einsicht ihren Schlussfolgerungen nicht mehr entziehen können. Wenn wir z. B. die eben erwähnte Netzhautstelle dadurch in Erregung versetzen, dass wir dieselbe durch den auf die Sclera aufgesetzten Finger drücken, so sehen wir eine Lichterscheinung die doch in jener Richtung liegt, in welcher der reizende Gegenstand stets gelegen war, und wir können uns durch die Kenntniss davon, dass der reizende Gegenstand, diesmal der Finger, wo anders liegt, jenem zwingenden Analogie-Schluss nicht entziehen. Ein schönes Beispiel, um das Zwingende dieser Schlüsse zu beleuchten, ist folgendes. Eine stark im Relief geprägte Münze oder eine getriebene Arbeit wird in der Nähe des Fensters so aufgestellt, dass sie deutliche Lichter und Schatten zeigt. Zwischen sie und das beobachtende Auge wird eine Convexlinse so angebracht, dass man bequem das durch dieselbe entworfene verkehrte Luftbild beobachten kann. In diesem Luftbild erscheint das Relief nun negativ, d. h. was erhaben ist, erscheint jetzt vertieft, und umgekehrt. Es rührt dies daher, dass jetzt die in Wirklichkeit dem Fenster zugekehrten Seiten jeder Erhöhung, welche die starken Lichter haben, wegen der Umkehrung des Bildes vom Fenster abgewendet, und die Schattenseiten dem Fenster jetzt zugekehrt sind. Diese Vertheilung von Licht und Schatten in Bezug auf die Lage des Fensters haben wir immer und nur dann gesehen, wenn das Relief ein negatives war. Wie man sieht kann diese Täuschung nur zu Stande kommen, wenn wir die Lage des Fensters mit in das Calcül einschliessen, und doch wird kaum jemand, der diesen Versuch und seine Bedeutung nicht kennt, sich darüber bewusst, dass überhaupt die Lage des Fensters eine Rolle dabei spielt. Die Täuschung schwindet sobald es gelingt, das Fenster auf der anderen Seite vorzustellen.

Die Lehre von den Sinnestäuschungen bildet eine Kette von Nachweisen über die zwingende Kraft der unbewussten Schlüsse.[2]

Ich bin in der vorstehenden Darstellung vom Zustandekommen einer Vorstellung und Wahrnehmung der Lehre der sogenannten empiristischen

1 Stuart Mill, A System of Logic ratiocinative and inductive etc. London 1843. Es existirt eine deutsche Uebersetzung dieses Werkes von Schiel, Braunschweig 1868, und eine von Gomperz bei Fues (Reisland) 1871—72.

2 Vergl. über Empfindung und Wahrnehmung: Stricker, Vorles. über allgem. u. experim. Pathologie. 3. Abth. Wien 1879. Es ist dieses Heft erst nach Abschluss des vorliegenden Manuscriptes erschienen, konnte deshalb nicht mehr berücksichtigt werden.

Theorie gefolgt. Sie vertritt die Ansicht, dass jene Erfahrungen auf welchen die Deutung unserer Empfindungen der Aussenwelt gegenüber beruht, im Laufe des Lebens jedes Individuums gesammelt werden müssen. Ihr gegenüber steht die nativistische Theorie, nach deren Ansicht die erfahrungsgemässe Deutung der Empfindungen dem Individuum bis zu einem gewissen Grade anererbt ist.

Das Eingehen auf diese Controverse würde uns zu weit von unserem Wege abführen, umsomehr als sie sich zum Theil auf rein philosophischem Boden, zum Theil eng begrenzt auf dem Boden der physiologischen Optik bewegt.

In physiologischer Beziehung ist der hervorragendste Vertreter der empiristischen Theorie HELMHOLTZ, der hervorragendste Vorkämpfer für die nativistische HERING. Die Literatur so wie die wesentlichsten Fragen dieses Streites findet sich in HELMHOLTZ, Physiologische Optik [1] zusammengestellt.[2] Ebendaselbst findet sich auch eine Darstellung der historischen Entwickelung der uns im Vorstehenden beschäftigenden Fragen, auf welche ich diejenigen, welche sich für dieses Grenzgebiet der Psychologie und der Physiologie näher interessiren, mir zu verweisen erlaube.[3]

II. Die Intensität der Empfindungen (Psychophysik).

Vorbemerkungen.

Es ist Gegenstand der täglichen Erfahrung, dass sich eine Empfindung von bestimmtem Charakter innerhalb gewisser Gränzen an Intensität ändern kann, ohne dass sich dieser Charakter ändert. Der Geschmack von etwas Saurem kann mehr oder weniger intensiv sein, ebenso der Eindruck, den ein weisses Feld in uns hervorruft. Weiter ist Gegenstand unmittelbarer Erfahrung, dass die Intensität der Empfindung wächst, wenn der Reiz wächst, d. h. wenn die physischen Vorgänge, die auf unsere Sinnesorgane wirken, physikalisch betrachtet, an Intensität zunehmen. Wenn wir uns einer Schallquelle nähern, bemerken wir eine Zunahme der Intensität der Gehörsempfindung; ein weisses Feld, von zwei Kerzen beleuchtet, ruft eine grössere Empfindungs-Intensität hervor, als wenn es bloss von einer Kerze beleuchtet ist etc. Denken wir uns einen Sinnesreiz continuirlich an Intensität zunehmen, dann wird erfahrungsgemäss die Empfindung auch an Intensität zunehmen, und zwar auch stätig. Man kann sich nun fragen, in welcher Weise ist die Zunahme der Empfindung in ihrem Verlaufe abhängig von dem Verlaufe des Reizwachsthums.

1 HELMHOLTZ, Handbuch der physiologischen Optik. (IX. Bd. von KARSTEN's Encyklopädie der Physik.) S. 441. 594. 805. 809—818. Leipzig 1867.

2 Nach dem Erscheinen des HELMHOLTZ'schen Buches fällt die Rede HERING's, „Ueber das Gedächtniss als eine allgemeine Function d. organisirten Materie". Feierliche Sitzg. d. Wiener Acad. d. Wiss. 1870.

3 HELMHOLTZ l. c. S. 455.





Wie leicht einzusehen, sind hier mehrere Fälle denkbar: Es könnte z. B. wenn der Reiz die 2-, 3-, 4-fache Intensität angenommen hat, die Empfindung auch die 2-, 3-, 4-fache Intensität annehmen; es würde dann die Empfindung proportional dem Reize wachsen. Es wäre dies dieselbe Beziehung, welche zwischen Dichte und Expansivkraft eines Gases obwaltet u. dgl. m. Oder es könnte wenn der Reiz 2-, 3-, 4-mal so gross wird, die Empfindung 4-, 9-, 16-mal so gross werden, d. h. die Empfindung würde quadratisch mit dem Reiz steigen, wie die lebendige Kraft einer geschossenen Kugel im quadratischen Verhältniss mit ihrer Geschwindigkeit steigt. So sind noch andere Fälle denkbar. Die Entscheidung der Frage, in welcher Weise die Zunahme der Empfindung von der Zunahme des Reizes abhängt, mit anderen Worten, welche Function des Reizes die Empfindung sei, ist nicht mehr Gegenstand der täglichen Erfahrung, ist überhaupt nicht mehr Gegenstand unmittelbarer Empfindung. Wir gewahren nicht, welches Weiss doppelt so hell ist, wie ein anderes, welcher Ton doppelt so stark ist, wie ein anderer, welches Süss doppelt so süss ist, wie ein anderes etc. Dass dies nicht Gegenstand unmittelbarer Empfindung ist, leuchtet sogleich ein, wenn man jemandem, der in solchen Versuchen fremd ist, zwei Weiss zeigt, von denen das eine doppelt so hell ist, wie das andere; er ist davon überrascht, oder wird zweifeln, wird auch ein dreimal so helles für das doppelt so helle halten etc. Demgegenüber sind das Mehr oder Weniger überhaupt, und Farbennüancen, Gegenstand unmittelbarer Empfindung und der in diesen Dingen fremdeste Beobachter wird nicht darüber zweifeln, ob ein Weiss heller ist als ein anderes oder ein ihm vorgeführtes Grün-Gelb wirklich ein solches sei oder nicht.

Wohl aber kann man durch Erfahrung gelernt haben, wie ein Weiss von doppelter Helligkeit aussieht, ein Süss von doppelter Intensität schmeckt etc. In diesen Fällen aber darf man nicht glauben, die doppelte Empfindungs-Intensität zu erkennen. Es ist dies ein Fehler, der wiederholt vorgekommen ist, der uns auch noch später beschäftigen wird, auf den ich aber schon hier kurz eingehen muss.

Wenn Jemand erkennt, dass auf seine rechte Hand ein doppelt so grosses Gewicht gelegt wurde, wie auf seine linke, so hat er nicht die doppelt so intensive Gewichts-Empfindung erkannt, sondern er hat vermöge der ihm vom ersten Gewichte zukommenden Empfindung und seiner reichhaltigen Erfahrung das erste Gewicht richtig abgeschätzt, er ist auf demselben Wege zu der richtigen Beurtheilung des zweiten Gewichts gelangt, und hat auf diese Weise das

Verhältniss der beiden Gewichte eruirt. Die unmittelbaren Empfindungen, welche die beiden Gewichte hervorrufen, können dabei in einem ihm gänzlich unbekannten Verhältnisse stehen, er muss dieselben, d. i. die Empfindungen, nur genau kennen, um die Gewichte richtig zu beurtheilen, das Verhältniss zwischen den Empfindungen der beiden Gewichte braucht er nicht zu kennen und kennt es in der That nicht.

Also selbst wenn Jemand erkennt, wann ein Reiz 2-, 3-, 4-mal so gross ist, wie ein anderer, so ist dies nicht ein Beweis dafür, dass er eine Empfindung von der 2-, 3-, 4-mal so grossen Intensität hat. Nach unseren heutigen Anschauungen steht auch Empfindung und Reiz gar nicht in diesem proportionalen Verhältniss zu einander, und ist dieses Verhältniss nur durch einen Umweg experimentell zu eruiren.

Es ist die Frage nach dem functionellen Verhältnisse zwischen der Intensität von Reiz und Empfindung zuerst von FECHNER beantwortet und diese Beantwortung zur Basis einer Lehre gemacht worden, welche er Psychophysik [1] nennt. Mit dieser haben wir uns zunächst zu beschäftigen.

Das Weber'sche Gesetz.

Der Sinnesreiz, z. B. ein Lichtreiz, ein Druck etc. ist in seiner Grösse in den meisten Fällen messbar, d. h. wir können angeben, wievielmal er grösser oder kleiner ist als ein gleichartiger Reiz, dessen Intensität als Einheit angenommen wird. Wir können einen solchen Sinnesreiz auch willkürlich an Intensität wachsen lassen. Denken wir uns nun folgenden Versuch ausgeführt: Ein weisses Feld von einer gewissen Helligkeit wirke als Reiz auf die Netzhaut; es bringt eine Empfindung von einer gewissen uns unbekannten Intensität hervor. Nun lassen wir den Reiz um eine uns bekannte Grösse zunehmen; es wird auch die Empfindung zunehmen; die Grösse dieses Zuwachses kennen wir nicht. Würden wir aber wissen, um wieviel der Reiz weiter wachsen muss, um den Empfindungszuwachs doppelt so gross zu machen, wie weit dann der Reiz noch wachsen muss, um den Empfindungszuwachs dreimal so gross zu machen etc., dann würden wir das Gesetz kennen, welches die Reizgrössen mit den Empfindungsgrössen verknüpft.

Es handelt sich also darum zu erkennen, wann der zweite Empfindungszuwachs ebenso gross ist, wie der erste war, ferner wann der dritte ebenso gross ist, wie der zweite war, etc. Solche gleich-

---

1 Elemente der Psychophysik von G. TH. FECHNER. Leipzig 1860.



grosse Empfindungszuwüchse sind nun in einem Falle mit Sicherheit zu erkennen, nämlich wenn sie eben merklich sind. Lassen wir also unser ursprüngliches weisses Feld in einer Hälfte so viel an Intensität zunehmen, dass diese Zunahme eben merklich ist, und messen das Mehr an Lichtintensität, das dazu gebraucht wurde, so haben wir mit diesem Zuwachs an Reiz einen eben merklichen Empfindungszuwachs erzielt. Nun ertheilen wir dem ganzen Feld diese höhere Intensität und lassen neuerdings die eine Hälfte desselben an Intensität zunehmen, bis sie wieder eben merklich heller erscheint, als die andere Hälfte, dann haben wir einen zweiten eben merklichen Empfindungszuwachs erzielt, der nun ebensogross ist wie der erste. Indem wir so weiter fortfahren, steigern wir also die Intensität der Empfindung immer um gleiche Grössen und können nun erkennen, ob diese gleichen Empfindungszuwüchse durch gleiche Reizzuwüchse hervorgerufen worden oder nach welchem anderen Gesetze die Reizzuwüchse, d. i. die Zuschüsse an Beleuchtung unseres weissen Feldes wachsen mussten, damit die Empfindungszuwüchse gleich wurden.

Dass zwei eben merkliche Empfindungszuwüchse gleich gross sind, ergiebt sich, wenn man bedenkt, dass die Grösse einer bestimmten Empfindung oder eines Empfindungszuwachses einzig und allein durch ihre grössere oder geringere Merklichkeit gegeben ist, dass also, wo die letztere gleich gross ist, auch die ersteren gleich gross sein müssen.

Bei Ausführung des eben geschilderten Versuches stellt sich heraus, dass eben merkliche Empfindungszuwüchse immer dann vorhanden sind, wenn der Reiz in der einen Hälfte des weissen Feldes um einen gewissen Bruchtheil der ursprünglichen Intensität zugenommen hat. Dieser Bruchtheil, der bei verschiedenen Individuen verschieden ist, schwankt um $^1/_{100}$, d. h. wenn die eine Hälfte des weissen Feldes die Intensität der Beleuchtung H hat und die andere die Intensität $H + \frac{H}{100}$, so ist letztere eben merklich heller als erstere. Hätte die ursprüngliche Beleuchtungs-Intensität H eine Empfindungs-Intensität E hervorgerufen, so würde $H + \frac{H}{100}$ ergeben $E + \varepsilon$, wo ε der eben merkliche Empfindungszuwachs ist. Lassen wir die Helligkeit $H + \frac{H}{100}$ wieder um ihren hundertsten Theil wachsen, und fahren so fort, so ergibt sich unmittelbar das Gesetz nach welchem die Empfindung mit dem Reize wächst.

$$
\begin{array}{rcc}
 & H \text{ ergiebt} & E \\
H + \frac{H}{100} = \frac{101}{100} H & \text{"} & E + \varepsilon \\
\frac{101}{100} H + \frac{\frac{101}{100} H}{100} = \frac{101}{100} \cdot \frac{101}{100} H & \text{"} & E + \varepsilon + \varepsilon \\
\frac{101}{100} \cdot \frac{101}{100} H + \frac{\frac{101}{100} \cdot \frac{101}{100} H}{100} = \frac{101}{100} \cdot \frac{101}{100} \cdot \frac{101}{100} H & \text{"} & E + \varepsilon + \varepsilon + \varepsilon \\
\vdots & & \vdots
\end{array}
$$

d. h. *wenn die Empfindung um gleiche Grössen* (ε) *zunehmen soll, muss die Helligkeit mit gleichen Grössen* $\left(\frac{101}{100}\right)$ *multiplicirt werden: erstere wächst in arithmetischer Progression, wenn die Zunahme der letzteren in geometrischer Progression geschieht.*

Der Satz auf welchem diese Ableitung beruht, und welcher sagt, dass der Reiz um einen bestimmten Bruchtheil seiner Grösse zunehmen muss, um eine eben merklich verschiedene Empfindung zu erzeugen, wie gross er auch ursprünglich sein möge, rührt von E. H. WEBER[1] her, und führt nach diesem Forscher den Namen des WEBER'schen Gesetzes. Dass diese ebenmerklichen Empfindungsunterschiede gleich gross sein müssen, war der glückliche Gedanke FECHNER'S, der es ihm ermöglichte aus jenem WEBER'schen Gesetz das viel weittragendere, über die Abhängigkeit der Empfindungsgrössen von den Reizgrössen überhaupt, abzuleiten. Die Versuche WEBER'S bezogen sich zunächst auf die Abschätzung von Gewichten. Zwei Gewichte wurden eben als ungleich erkannt, wenn dieselben um eine bestimmte Anzahl ihrer Einheiten verschieden waren, und diese Anzahl war näherungsweise dieselbe, ob als Einheit Drachmen oder Unzen benützt wurden. Die Versuche wurden in zweierlei Weise angestellt, erstens indem die Gewichte auf die unterstützte Handfläche gelegt, zweitens indem sie gehoben wurden, in welchem letzteren Falle nebst der Tastempfindung, noch das Muskelgefühl betheiligt ist. Natürlich musste, um das Urtheil nicht zu beeinflussen, eine zweite Person die Gewichte auflegen, und unter Beachtung gewisser Vorsichtsmassregeln wechseln. Im Nachfolgenden eine Originaltabelle WEBER'S.[2]

---

1 Vergl. E. H. WEBER, De pulsu, resorptione, auditu et tactu annotationes anatomicae et physiologicae. Lipsiae apud Köhler. 1834; ferner: Die Lehre vom Tastsinne und Gemeingefühle in R. Wagner's Handwörterb. d. Physiol. III. 2. Abth., und die Abhandlg.: Ueber den Tastsinn. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1835. S. 152.

2 WEBER, Program. collect. Auch abgedruckt in: FECHNER, Elem. d. Psychophysik. I. S. 139.

Numerus hominum in quibus experimenta instituta sunt.	Differentia minima unciarum vel drachmarum manibus impositarum in qua diversitas ponderis percipiebatur.		
I tactu	32 unc.	17 unc.	differt 15 unc.
tactu et coenaesthesi	32 „	$30^1/_2$ „	„ $1^1/_2$ „
tactu	32 drachm.	24 drachm.	„ 8 drachm.
tactu et coenaesthesi	32 „	30 „	„ 2 „
II tactu	32 unc.	22 unc.	„ 10 unc.
tactu et coenaesthesi	32 „	$30^1/_2$ „	„ $1^1/_2$ „
tactu	32 drachm.	22 drachm.	„ 10 drachm.
tactu et coenaesthesi	32 „	30 „	„ 2 „
III tactu	32 unc.	20 unc.	„ 12 unc.
tactu et coenaesthesi	32 „	26 „	„ 6 „
tactu et coenaesthesi	32 drachm.	26 drachm.	„ 6 drachm.
IV tactu	32 unc.	26 unc.	„ 6 unc.
tactu et coenaesthesi	32 „	30 „	„ 2 „
tactu et coenaesthesi	32 drachm.	29 drachm.	„ 3 drachm.

Die vorstehende Tabelle zeigt, dass die Versuche keineswegs vollkommen mit dem Gesetze übereinstimmende Zahlen ergeben, es kommen in einzelnen Fällen vielmehr sehr beträchtliche Abweichungen vor und es kann nur von einer Annäherung des ausgesprochenen Gesetzes an die thatsächlichen Resultate die Rede sein.

Es ist hier der Ort hervorzuheben, dass aus allen genau angestellten Versuchsreihen immer nur eine grössere oder geringere Annäherung an das Weber'sche Gesetz hervorgeht, ein solches Klappen der Resultate wie es in der vorstehenden Entwickelung, der Darstellung wegen angenommen wurde, kommt nicht vor. Doch verliert das Gesetz durch diese Abweichungen nicht seine Bedeutung. Soll man die Abhängigkeit der Empfindungszuwüchse von den Reizzuwüchsen durch ein einfaches Gesetz darstellen, so ist es das in Rede stehende, welches dem thatsächlichem Verhalten am nächsten kommt. (Wir werden später von Modificationen des Gesetzes sprechen, welche jenen Abweichungen gerecht zu werden streben.)

Die Abweichungen welche der Versuch ergibt sind zweierlei: Erstens hängt jedes Versuchsresultat von einer grossen Zahl Nebenumständen ab, die der Experimentator nicht immer in der Gewalt hat, oder auch nur kennt. Der Grad der Aufmerksamkeit, die nervöse Disposition, die von Tag zu Tag wechselt, der momentane Ermüdungszustand des betreffenden Sinnesorganes und viele andere Momente können auch beim sorgfältigsten Experimentiren immer einen gewissen Einfluss auf das Resultat nehmen. Es gilt deshalb als Regel Versuchsreihen immer vollkommen gleichartig durchzuführen und eine sehr grosse Zahl von Einzelversuchen zu machen; es wird dann das Durchschnittsresultat als das richtige angenommen. Zweitens liegen nachweisbare Ursachen zu Abweichungen von Weber's Gesetz in der Natur unserer Sinnesorgane. Steigt man über eine gewisse Grenze mit der

Intensität des Reizes so leidet das Sinnesorgan und es treten sehr bedeutende Abweichungen ein; man spricht in diesem Sinne von einer oberen Grenze der Gültigkeit des Gesetzes. Es giebt auch eine untere Grenze. Sind nämlich die Sinnesreize sehr gering, so treten auch Abweichungen von dem Gesetze ein, so dass FECHNER das Gesetz nur für die Intensitäten, welche beim gewöhnlichen Gebrauche unserer Sinnesorgane in Betracht kommen, für giltig erklärte. In neuerer Zeit jedoch ist klar gestellt worden, dass auch für diese mittleren Intensitäten eine vollständige Gültigkeit nicht angenommen werden kann, dass vielmehr auch hier, abgesehen von den Zufälligkeiten, die eine Rolle spielen, Abweichungen vorkommen. Wir werden später auf dieselben zurückkommen, wenn wir von der Prüfung des Gesetzes für die verschiedenen Sinnesorgane handeln.

Die Fechner'schen Gesetze.

Das WEBER'sche Gesetz, welches aussagt, dass der eben merkliche Empfindungszuwachs (in unserem obigen Beispiele ε) immer derselbe ist, wenn nur das Verhältniss zwischen dem Reizzuwachs und dem schon vorhandenen Reize (oben $1/100$) dasselbe bleibt, lässt sich auch mathematisch ausdrücken. Es sei die Empfindungsgrösse e hervorgerufen durch den Reiz r; ein ebenmerklicher Zuwachs zur Empfindungsgrösse heisse Δe und der Reizzuwachs, welcher Δe hervorruft heisse Δr. Die Gleichung

$$\Delta e = \frac{K \Delta r}{r}$$

drückt dann das WEBER'sche Gesetz aus, K ist hierbei eine Constante welche von den Einheiten abhängig ist, die für e und r gewählt werden. Man erkennt nämlich ohne Weiteres, dass Δe constant bleibt, es möge Δr und r was immer für absolute Werthe annehmen, wenn nur das Verhältniss der beiden gleich bleibt.

Da man annehmen muss, dass dieses Gesetz auch bei einer continuirlichen Zunahme von r und e seine Gültigkeit behält, so nimmt FECHNER keinen Anstand die obige Gleichung für unendlich kleine Zuwüchse gelten zu lassen, und zu schreiben

$$de = \frac{K dr}{r} \quad 1)$$

Diese Gleichung (FECHNER's Fundamentalformel) ergiebt durch Integration [1]

$$e = K \log r + C.$$

[1] Es lässt sich der wesentlichste Theil der hier zu führenden Ableitungen auch mit Umgehung der Infinitesimalrechnung ausführen, und FECHNER hat diese Ableitung selber in seinen Elem. d. Psychophysik. II. S. 34 gegeben. An diesem Orte scheint es unzweckmässig, dieser einfachen Integration wegen jenen zweiten viel längeren Weg zu gehen.

Es ist durch eine Erfahrungsthatsache möglich die Integrationsconstante C zu bestimmen. Es ist dieses „die Thatsache der Schwelle“ oder „das Gesetz der Schwelle“ wie Fechner die Erscheinung nennt, dass ein Reiz eine über Null stehende, wenn auch sehr geringe Grösse haben muss, um überhaupt eine Empfindung im Bewusstsein hervorzurufen. Entfernt sich die Quelle eines Geräusches immer mehr, so kommt ein Moment, in welchem man das Geräusch nicht mehr hört, obwohl offenbar noch Schallwellen bis zu uns dringen; beleuchtet man ein Object immer weniger so entschwindet es dem Auge, wenn auch noch Lichtstrahlen von demselben in unsere Augen dringen. Man sagt der Reiz sei unter die Schwelle gesunken. Im Falle der Reiz eben merklich wird, sagt man, er tritt auf die Schwelle. Diese Thatsache nun, dass noch bei endlichem Werthe des Reizes r die Empfindung e schon 0 wird dient zur Bestimmung der Constante C.

Nennen wir den Reiz r für den Fall dass er eben unter die Schwelle tritt: s, so wird die Gleichung für diese Reizintensität

$$0 = K \log s + C$$

$$C = -K \log s$$

also

$$e = K(\log r - \log s)$$

oder unter Anwendung gewöhnlicher Logarithmen, da $k = \frac{K}{M}$, wo M der Modulus 0,4342945

$$\left.\begin{aligned} e &= k\,(\log r - \log s) \\ e &= k \log \frac{r}{s} \end{aligned}\right\} 2)$$

Diese Gleichung (2) ist die Maassformel und sagt aus, dass eine Empfindung proportional ist dem Logarithmus der durch ihren Schwellenwerth dividirten Reizgrösse. Sie gestattet die Grösse einer Empfindung aus der Grösse des Reizes und dem Schwellenwerth des letzteren zu berechnen. Nimmt man für den Reiz diejenige Intensität als Einheit an, welche derselbe haben muss, wenn die Empfindung eben die Schwelle betritt, setzen also $s = 1$ so wird die Gleichung (2) zu

$$e = k \log r.$$

Setzt man, was unter Umständen thunlich auch $k = 1$ so erhält man

$$e = \log r.$$

Endlich lässt sich aus der Maassformel unmittelbar die Formel für den Unterschied zweier gleichartiger Empfindungen ableiten. Die Empfindungsgrösse

$$e = k \log \frac{r}{s}$$

weniger der Empfindungsgrösse

$$e_1 = k \log \frac{r_1}{s}$$

ergiebt den Unterschied der Empfindungen

$$e - e_1 = k\left(\log\frac{r}{s} - \log\frac{r_1}{s}\right)$$

$$e - e_1 = k\log\frac{r}{r_1} = k\left(\log r - \log r_1\right) \quad 3)$$

Diese Formel (3) heisst Unterschiedsformel und sagt aus, dass der Unterschied in der Intensität zweier Empfindungen proportional dem Logarithmus des Quotienten beider Reizgrössen ist.

Die Maassformel (2) lässt ersehen, dass die Empfindungsgrösse e negativ wird, wenn der Reiz r unter den Schwellenwerth s sinkt. Das was diesen negativen Grössen in der Erscheinung entspricht, sind die von FECHNER als unbewusst bezeichneten Empfindungen: diejenigen Veränderungen des nervösen Apparates, welche von Reizen hervorgerufen werden, die zu schwach sind, das Bewusstsein anzuregen. Dass wirklich Reize, die unter der Schwelle stehen, noch Veränderungen in uns erzeugen, geht aus einer Reihe von Thatsachen hervor, z. B. daraus, dass sie bei der später zu erwähnenden Methode der richtigen und falschen Fälle unser durchschnittliches Urtheil beeinflussen.

Man pflegt von den vorstehenden Gesetzen, sie zusammenfassend, als dem psychophysischen Gesetz FECHNER's zu sprechen.

Empirische Grundlagen der psychophysischen Gesetze.

Wir haben oben gesehen, dass das WEBER'sche Gesetz aus Versuchen abgeleitet ist, welche demselben nur annäherungsweise genügen, wir haben auch schon von oberer und von unterer Gränze des WEBER'schen Gesetzes und von sonstigen Abweichungen gesprochen, welche das Experiment ergeben hat. Wir haben weiter gesehen, dass die psychophysischen Gesetze sämmtlich auf dem WEBER'schen basiren, es ist also begreiflich, dass man bestrebt war, durch viele und verschiedenartige Versuche zu constatiren, ob jene Abweichungen nicht etwa einen solchen Charakter haben, dass sie das WEBER'sche Gesetz illusorisch machen und dadurch dem ganzen Gebäude das Fundament entziehen, ob das WEBER'sche Gesetz ein bloss für gewisse Sinnesorgane gültiges Gesetz ist oder ob es einen allgemeinen Charakter hat, etc.

Es ist in der That eine grosse Anzahl der verschiedenartigsten Versuche in dieser Richtung gemacht worden, mit denen wir uns jetzt des Näheren beschäftigen wollen.

Methoden.

Es lässt sich die Prüfung der psychophysischen Gesetze im Allgemeinen nach drei Methoden ausführen.

1. Die Methode der eben merklichen Unterschiede, von der wir oben schon beispielsweise gesprochen und nach welcher E. H. Weber experimentirte, besteht darin, dass man einen Reiz so lange vermehrt oder verringert, bis er sich für die Empfindung eben merklich verändert hat. Die Empfindlichkeit für diese Reizunterschiede ist dann der gefundenen Reizdifferenz umgekehrt proportional. Man kann, wie leicht einzusehen, bei der Bestimmung jenes kleinsten Reizzuwachses auf zweierlei Weise verfahren; handelt es sich z. B. um die Auffindung des kleinsten Gewichtes, welches eine bestimmte zu hebende Last eben merklich schwerer macht, so kann man mit unmerklichen Gewichten den Versuch beginnen, und immer mehr und mehr Gewichte zusetzend bis zu jenem fortschreiten, welches der Beobachtende eben merklich findet. Oder man kann mit sehr merklichen Gewichten beginnen und bis zu einem unmerklichen herabsteigen; macht man viele Versuche in der einen Weise und ebenso in der anderen, so gewahrt man dass beide Arten zu ungleichen, wenn auch nur wenig verschiedenen Resultaten führen. Im Allgemeinen ist es räthlich nach beiden Arten gleich viele Versuche auszuführen und aus ihnen das Mittel zu nehmen.

2. Die Methode der richtigen und falschen Fälle.[1] Ist ein Zusatzgewicht (so nennt man das kleine Gewicht, welches zugesetzt wird) von entsprechender Kleinheit, und man soll unterscheiden, ob es dem Hauptgewichte (das ursprüngliche grössere Gewicht) zugesetzt oder von demselben fortgenommen wurde, so kommen häufige Irrthümer vor. Rechnet man alle Fälle in welchen sich der Beobachtende nicht getäuscht hat zusammen, ebenso alle in welchen er sich getäuscht hat, rechnet man weiter die Fälle, in welchen er zweifelhaft geblieben ist, halb zu der einen halb zu der anderen Abtheilung, dann erhält man das Verhältniss zwischen der Anzahl der richtigen und der der falschen Urtheile. Die Methode der richtigen und falschen Fälle beruht nun darauf die Grösse des Zusatzgewichtes zu finden, welches aufgelegt werden muss, damit unter den zu untersuchenden Umständen jenes Verhältniss der richtigen und falschen Urtheile dasselbe sei. Anstatt dieses Verhältnisses kann man auch das Verhältniss der richtigen Fälle zur Gesammtzahl der Fälle, oder ebenso der falschen Fälle zur Gesammtzahl der Fälle benutzen. Die Grösse der Empfindlichkeit für die vorliegenden Umstände ist dann dem gefundenen Gewichte umgekehrt proportional.

Was hier an dem Beispiele von den Gewichtsversuchen erläutert wurde, lässt sich natürlich auch auf andere Sinnesgebiete ausdehnen.

Wie man sogleich ersieht, drängt sich bei der Benützung dieser Methode eine Schwierigkeit auf. Gesetzt den Fall wir hätten für ein gewisses Hauptgewicht und ein passendes Zusatzgewicht ein Verhältniss der richtigen Fälle zu der Gesammtzahl der Fälle gefunden, es sei $\frac{r}{n}$. Wir verdoppelten jetzt das Hauptgewicht und fänden unter den neuen

---

1 Diese Methode scheint in ursprünglicher Form zuerst in Vierordt's Laboratorium geübt worden zu sein. Siehe die Arbeit von Hegelmayer (Vierordt's Arch. XI) und die von Renz und Wolff (ebendas. 1856 und in Poggendorf's Ann. XCVIII. S. 600). Fechner hat sie später weiter ausgebildet.

Umständen ein Verhältniss $\frac{r_1}{n_1}$. Letzteres wird natürlich kleiner ausfallen als $\frac{r}{n}$, und es ginge daraus wohl hervor, dass die Empfindlichkeit für das Zusatzgewicht abgenommen hat, in Folge der Vergrösserung des Hauptgewichtes; damit ist aber die Aufgabe nicht gelöst. Eine genaue Messung der Empfindlichkeit wird ja, wie oben gesagt, erst durch die Kenntniss desjenigen Zusatzgewichtes gegeben, welches bei doppeltem Hauptgewicht das Verhältniss $\frac{r}{n}$ ergiebt. Es handelt sich also darum aus dem bekannten Zusatzgewicht und dem gefundenen $\frac{r_1}{n_1}$ dasjenige Zusatzgewicht zu bestimmen, welches unter den neuen Umständen das Verhältniss $\frac{r}{n}$ ergeben würde. Diese Bestimmung lässt sich durch eine Rechenoperation ausführen, die zwar an und für sich einfach, deren Auseinandersetzung und Erklärung aber für die hier verfolgten Zwecke unverhältnissmässig weitläufig ist, so dass für dieselbe auf die Originalarbeit FECHNER's, und dessen Tabellen, welche zu den Operationen zu benützen sind, verwiesen sei. Es kann dieses umsomehr geschehen, als kaum jemand unternehmen dürfte, nach dieser genauesten der in Betracht kommenden Methoden zu experimentiren, ohne die werthvollen Winke, welche dieser Forscher für dieselbe ertheilt, nachzusehen. Es handelt sich um den Abschnitt: „Specielles zur Methode richtiger und falscher Fälle in Anwendung auf die Gewichtsversuche“ in den Elem. der Psychophysik I, S. 93—120.

3. Bei der Methode der mittleren Fehler stellt man sich die Aufgabe einem genau bestimmten Gewichte (dem Normalgewichte FECHNER's) ein anderes Gewicht (das Fehlgewicht FECHNER's) möglichst gleich zu machen. Man begeht hiebei einen gewissen Fehler. Das Gewicht, um welches man zu viel oder zu wenig zugesetzt hat, wird als Maass des Fehlers betrachtet. In einer grossen Reihe von Fällen werden diese Gewichte bestimmt, aus ihnen das Mittel genommen, und die Empfindlichkeit für Gewichtsunterschiede diesem Mittel reciprok gesetzt. Es bedarf kaum der Erwähnung, dass die Fehler immer positiv gerechnet werden, ob das Fehlgewicht zu gross oder zu klein gemacht wurde. (Genaueres über diese Methode s. in FECHNER's Elem. d. Psychophysik I, S. 120.)

A) Tastsinn.

Die ausführlichsten Versuchsreihen über dieses Sinnesgebiet beziehen sich auf die Beurtheilung der Schwere gehobener Gewichte. Wie man sieht, handelt es sich hier nicht um reine Tastempfindungen, es spielen vor allem die Empfindungen, welche man bei activer Muskelcontraction hat, das sogenannte Muskelgefühl, hierbei eine wesentliche Rolle.

Von den Versuchen E. H. WEBER's war oben schon die Rede; zu Resultaten, welche besser mit dem Gesetze stimmten, kam FECHNER in einer mit allen Vorsichtsmaassregeln ausgeführten Veruchsreihe, nach der Methode der richtigen und falschen Fälle ausgeführt.

Es mag diese Versuchsreihe hier in extenso mitgetheilt sein, schon um einen Einblick in die practische Ausführung des oben erörterten Principes dieser Methode zu geben.

Das folgende sind die Worte Fechner's selbst; (Elem. d. Psychophysik I, S. 183) es sei nur noch erwähnt, dass unter einhändiger Versuchsreihe eine solche verstanden ist, bei welcher beide Gewichte mit derselben Hand gehoben wurden, unter zweihändiger eine solche bei welcher das eine Gewicht mit der einen, das andere mit der anderen Hand gehoben wurde.

„Meiner Hauptversuchsreihen über den betreffenden Gegenstand sind zwei, eine zweihändige und eine (mit Rechter und Linker besonders ausgeführte) einhändige, welche beide vergleichbar, durch eine Reihe von 6 Hauptgewichten, 300, 500, 1000, 1500, 2000, 3000 Grm. durchgeführt, zu sehr übereinstimmenden Ergebnissen geführt haben."

„Speciell ist folgendes dazu zu bemerken.

Jede beider Reihen umfasst in 32 Versuchstagen à 12 Abtheilungen à 64 Hebungen im Ganzen 32 . 12 . 64 = 24576 einfache Hebungen oder Fälle. Zu jedem Hauptgewichte P wurden (periodisch damit wechselnd) zwei bestimmte Verhältnisstheile als Zusatzgewicht D angewandt, nämlich 0,04 P und 0,08 P. Letzteres Zusatzgewicht kann gross erscheinen, giebt aber doch, wie man sich aus den folgenden Versuchstabellen überzeugen kann, noch genug falsche Fälle, was mit der Einrichtung des S. 94 f. beschriebenen Verfahrens zusammenhängt, jeden (zu 2 Fällen[1] gerechneten) Vergleich auf eine einfache Doppelhebung, statt auf wiederholtes Hin- und Herwiegen zu begründen, wo ein $D = 0{,}08\ P$ schwerlich noch falsche Fälle liefern möchte. An jedem Versuchstage von 12 . 64 = 768 Hebungen wurden sämmtliche 6 Hauptgewichte, jedes in 2 Abtheilungen à 64 Hebungen, alle mit demselben verhältnissmässigen D geprüft, und dieses nur nach Tagen oder Wochen, wie unten anzugeben, gewechselt.

Ausserdem wurde nach Tagen wechselnd in aufsteigender (↓) und absteigender (↑) Folge der Hauptgewichte verfahren. So kommen in jeder beider Versuchsreihen auf jedes der sechs Hauptgewichte im Ganzen 32 . 128 = 4096 Hebungen oder Fälle; 2048 mit $D = 0{,}04\ P$ und eben so viel mit $D = 0{,}08\ P$; je 1024 davon ↓ und eben so viel ↑. In der zweihändigen Reihe wurden mit jedem Hauptgewichte die 128 Hebungen jedes Tages in continuo angestellt, in der einhändigen folgeweis 64 mit der Linken, 64 mit der Rechten, wobei nach Tagen wechselnd die Linke oder Rechte den Anfang machte. In der zweihändigen Reihe wurde nach je zwei Tagen, in der einhändigen nur nach je 8 Tagen zwischen $D = 0{,}04\ P$ und $D = 0{,}08\ P$ gewechselt."

„Die gebrauchte Gewichtseinheit im folgenden ist überall der Gramm.

Um über die Bedeutung der Zahlen in den nächstfolgenden Tabellen keinen Zweifel zu lassen gebe ich dieselbe ausdrücklich für die erste Zahl der ersten Tabelle an. Die Zahl 612 bei $P = 300$, $D = 0{,}04\ P$,

1 Es geschieht dieses, um die Bruchtheile von Urtheilen in den Tabellen zu vermeiden, die bei den unentschiedenen Urtheilen, welche halb den richtigen und halb den falschen Fällen zugezählt werden sollen, entstanden.

$n = 1024$, ↑ sagt, dass bei einem Hauptgewichte = 300 Grm. und einem Zusatzgewichte = 0,04 des Hauptgewichtes, also 12 Grm., die Zahl der richtigen Fälle aller Tage, wo die Hauptgewichte in aufsteigender Folge (↑) angewandt wurden, 612 war, indess die Totalzahl der Fälle, richtige und falsche zusammen, unter denselben Umständen 1024 betrug, wonach die Zahl der falschen 1024—612 = 412 war. Hiernach wird die Bedeutung der übrigen Zahlen von selbst verständlich sein. Den Zahlen r der verticalen Schlusssummenspalte gehört natürlich das 4-fache n der Zahlen in den Specialspalten zu, d. i. 4096, wie einschaltungsweise angegeben ist, da die r der 4 verticalen Specialspalten in der verticalen Schlusssummenspalte addirt sind, hingegen gehört den Zahlen r der horizontalen Schlusssummenspalte das 6-fache n der Specialzahlen, d. i. 6144 zu, da die r, welche zu den 6 P's in derselben Verticalspalte gehören, in der horizontalen Schlusssummenspalte addirt sind."

I. Zahl richtiger Fälle r der zweihändigen Reihe.

P	$n = 1024$				Summe ($n = 4096$)
	$D = 0,04\,P$		$D = 0,08\,P$		
	↑	↓	↑	↓	
300	612	614	714	720	2660
500	586	649	701	707	2643
1000	629	667	747	753	2796
1500	638	683	811	781	2913
2000	661	682	828	798	2969
3000	685	650	839	818	2992
Summe ($n = 6144$)	3811	3945	4640	4577	16973

II. Zahl richtiger Fälle r der einhändigen Reihe.

P	$n = 512$								Summe $n = 4096$
	$D = 0,04\,P$				$D = 0,08\,P$				
	Linke		Rechte		Linke		Rechte		
	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑	↓	
300	352	337	344	318	387	372	386	342	2838
500	339	332	348	335	383	402	413	366	2918
1000	325	343	382	388	383	412	389	422	3044
1800	353	358	371	383	406	416	435	430	3152
2000	378	353	369	382	413	418	414	421	3148
3000	367	343	364	386	426	433	429	438	3186
Summe ($n = 3072$)	2114	2066	2178	2192	2398	2453	2466	2419	18286

Wäre das psychophysische Gesetz vollkommen zutreffend, so müssten alle Zahlen r, die bei den verschiedenen Hauptgewichten gefunden sind, einander gleich sein. Man erkennt nun, dass dies zwar nicht der Fall ist, dass die Abweichungen aber so unbedeutend sind, dass man sie wohl auf eine Reihe von Nebenumständen beziehen kann, die hier zu erörtern zu weit führen würde, die aber obwalten und solche Störungen erklärlich machen. Diese Tabelle spricht also in hohem Grade für die Gültigkeit unseres psychophysischen Gesetzes.

Von den Gewichtsversuchen Hering's wird gelegentlich der Einwendungen gegen das psychophysische Gesetz die Rede sein.

Auch über die Temperatur-Empfindungen hat Fechner Versuche angestellt und gefunden, dass das Gesetz keine Gültigkeit hat für die Abkühlungen der Hand, dass aber die Beurtheilung von Wärmezuschüssen, so lange man sich innerhalb der Temperatur von 20—30 ° R. (25—37,5 ° C.) befindet — weiter hat Fechner nicht untersucht — wohl nach dem Weber'schen Gesetze geschieht, wenn man als den Nullpunkt der Wärmeempfindung eine Temperatur von 14,77 ° R. (18,71 ° C.) nimmt, die Steigerungen also erst von diesem Punkte an rechnet. Hiernach darf das Gesetz für Temperaturempfindungen noch nicht als gültig betrachtet werden.

Es war bisher immer nur von dem psychophysischen Gesetz in dem Sinne die Rede, dass es sich auf die Intensität der Empfindung und der Reizung einer gewissen und bestimmten Anzahl von Nervenendigungen beziehe. Es war kaum eine glückliche Idee zu nennen, dass in die Psychophysik noch ein anderer Begriff von der Intensität eines Reizes eingeführt wurde, der sich auf die Anzahl der gereizten Nervenelemente oder auf die räumliche Entfernung derselben beziehen sollte. So betrachtete man die Empfindung, die durch zwei weit von einander auf die Haut aufgesetzte Zirkelspitzen hervorgerufen wurde, als einem grösseren Reiz entsprechend, als wenn die Zirkelspitzen näher an einander waren; ferner betrachtete man eine lange Linie als einen grösseren optischen Reiz als eine kurze. Man sprach nun in diesem Sinne von den extensiven Reizen, Empfindungen, Grössen etc., im Gegensatz von den intensiven Reizen, Empfindungen, Grössen, von denen wir bisher gehandelt haben.

Dieser Anschauung entsprach es, dass man den Tastsinn nun auch in seinen extensiven Empfindungen auf die Richtigkeit des psychophysischen Gesetzes prüfte, indem man, wie schon angedeutet, die Distanzen zwischen zwei aufgesetzten Zirkelspitzen abschätzen liess. Es zeigte sich keine Uebereinstimmung mit dem Ge-

setze.[1] Glücklicher war man mit den extensiven Empfindungen des Gesichtssinnes, doch werden wir sehen, dass die Uebereinstimmung, die hier gefunden wurde, mit Wahrscheinlichkeit in einer intensiven Empfindung ihren Grund hat, welche sich bei jenen Versuchen einschlich.

B) Gesichtssinn.

Die Grundlagen zu dem WEBER'schen Gesetze finden sich in einigen Werken französischer Physiker des vorigen Jahrhunderts, welche gelegentlich anderer Untersuchungen Interesse daran hatten, die Empfindlichkeit des Auges bei verschiedenen Lichtintensitäten zu prüfen. Es kam hierbei natürlich nie zur Formulirung eines physiologischen Gesetzes, es wurde auch niemals versucht, die Allgemeingültigkeit zu prüfen, oder überhaupt den Gegenstand weiter zu verfolgen.

Im Jahre 1760 beschreibt BOUGUER[2] einen Versuch unter dem Titel: „Observations faites pour déterminer, quelle force il faut qu'ait une lumière pour qu'elle en fasse disparaître une autre plus faible", welcher identisch ist mit den Schattenversuchen, von denen wir alsbald sprechen werden; es handelt sich darum zu bestimmen, um wieviel ein Schatten dunkler sein muss als seine Umgebung, um eben noch erkannt zu werden. Er fand nun dass er hierzu um $1/64$ des Grundes dunkler sein muss als dieser und fügt hinzu, er glaube für sein Auge gefunden zu haben, dass dieser Bruchtheil von der absoluten Intensität unabhängig ist. Letztere Angabe schliesst wie man sieht das WEBER'sche Gesetz in sich.

Auch ARAGO[3] der die Versuche BOUGUER's nachgemacht haben soll[4] spricht sich für die Richtigkeit jener Angabe aus, und MASSON[5] der ausführlich über unseren Gegenstand experimentirte (bei Gelegenheit seiner Untersuchungen über elektrische Photometrie) thut dasselbe. STEINHEIL[6] wurde bei seinen Arbeiten über „Helligkeitsmessungen am Sternenhimmel" auf unsere Frage geleitet, und kam zu gleichen Resultaten wie seine Vorgänger. Er fand als den, innerhalb der von ihm benützten Intensitäten constanten, eben merklichen Helligkeitsbruchtheil $1/38$.

BABINET[7] spricht jenes Gesetz von dem constanten Helligkeitsbruchtheil auch aus.

Ferner ist hervorzuheben, dass Sir JOHN HERSCHEL[8] die von den Astronomen angenommenen Sterngrössen, ihrer absoluten Helligkeit nach

---

1 Vergl. Elem. d. Psychophysik I. 235.

2 BOUGUER, Traité d'optique sur la gradation de la lumière par Lacaille. p. 51, wörtlich citirt von MASSON, Ann. de Ch. et de Phys. XIV. p. 148. 1845.

3 ARAGO, Populäre Astronomie. Herausgeg. von Hankel. I. S. 168. Leipzig, Wigand. 1865.

4 Wie MASSON nach einer mündlichen Mittheilung berichtet. Ann. de Chem. et de Phys. XIV. p. 150. 1845.

5 MASSON l. c. Das Nähere über diese Versuche s. FECHNER, Elem. d. Psychophysik. I. S. 154, welchem Orte auch die Mehrzahl der hier angeführten historischen Daten entnommen ist.

6 STEINHEIL, Sitzgsber. d. bayer. Acad. Math.-physik. Cl. 1837.

7 BABINET, Compt. rend. 1857. p. 358.

8 HERSCHEL in seinen Outlines of Astronomy. p. 645—646 (entnommen aus Humbold's Kosmos. III. p. 136. Cotta 1850.

in der Reihe $1:\frac{1}{4}:\frac{1}{9}:\frac{1}{16}\cdots\cdots$ abnehmen lässt, wie er aus photometrischen Beobachtungen entnehmen zu können glaubte. Nun ist vorauszusetzen, dass man bei der ursprünglich blos nach der Intensität der Helligkeitsempfindung eingeführten Sterngrössenschätzung so vorgegangen war, dass man die Empfindungsunterschiede zwischen den Sternen der verschiedenen Grössen einander gleich machte, dass also den Astronomen ein Stern 1. Grösse einen Stern 2. Grösse um ebensoviel an Helligkeit zu überwiegen schien, als der Stern 2. Grösse dem Stern 3. Grösse überlegen war u. s. f. Wie man sieht hat man also in den Sterngrössen eine durch die Erfahrung von vielen Hunderten von Jahren controlirte und regulirte Reihe von dem Urtheile nach gleichweit von einander abstehenden Empfindungs-Intensitäten, an welchen man nun, wenn man jenem Urtheile trauen will, wohl das psychophysische Gesetz prüfen kann.

Dieses würde dann durch die photometrischen Messungen eine Bestätigung finden, wenn die Intensitäten der Sterngrössen in einer geometrischen Progression abnehmen würden. Herschel aber fand eine quadratische Reihe. Nun hat aber Fechner gezeigt, dass dem thatsächlichen Verhältnisse die Reihe $\frac{1}{2}:\frac{1}{4}:\frac{1}{8}:\frac{1}{16}$ besser entspricht als die oben von Herschel angeführte Reihe, dass sie auch mit den neueren photometrischen Messungen von Steinheil, Stampfer, Johnson und Pogson in besserem Einklange ist. Diese Reihe ist aber eine geometrische, bestätigt also das psychophysische Gesetz.[1]

Es giebt einen ungemein einfachen Versuch, durch welchen man sich von der approximativen Richtigkeit unseres Gesetzes überzeugen kann: Eine Photographie, Lithographie o. dgl. sehe man, indem man sich zu dem Fenster oder unter freien Himmel stellt, an und bemerke die feinsten Schattirungen, welche man noch erkennen kann; darauf begebe man sich in die Tiefe des Zimmers, man wird bemerken, dass man auch jetzt noch jene Schattirungen erkennt und dass sie auch jetzt noch an der Gränze des Erkennbaren stehen. Ja man kann wohl noch Rauchgläser (schwärzliche, gewöhnlich zum Schutz der Augen verwendete Gläser) vor das Auge nehmen; wenn diese nicht zu dunkel sind, wird man auch jetzt noch dieselbe Schattirung erkennen. Dieser Versuch zeigt, dass es, entsprechend dem Weber-schen Gesetze, gleiche Bruchtheile der Gesammtintensität sind, welche uns eben noch merkliche Empfindungszuwüchse liefern. Denn das Verhältniss der absoluten Lichtquantitäten, welche jene schattirte und die nicht schattirte Stelle des Bildes zurückwerfen, blieb gleich,

1 Es ist dieser Nachweis ausführlich in der Abhandlung Fechner's: „Ueber ein psychophysisches Grundgesetz und dessen Beziehung zur Schätzung d. Sterngrössen." Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. Math.-phys. Cl. IV. S. 457 geliefert. Im Auszuge in der Elem. d. Psychophys. I. S. 139. Vergl. weiter den Nachtrag zu diesem Aufsatz in dem Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1859. S. 58.

ob die Beleuchtung stark oder schwach war. Nehmen wir an, die Intensität einer nicht schattirten Stelle sei im Grunde des Zimmers 1 und die schattirte absorbirte um 1/100 dieser Intensität mehr, so ist sie für das Auge um 1/100 dunkler. Gehen wir nun mit dem Bild unter freien Himmel, wodurch die Beleuchtung leicht um das 10fache steigt, so wird die erste Stelle nun die Intensität 10 haben, die letztere wird wieder um 1/100 dieser zehnfachen Helligkeit weniger hell sein, also um 1/10 der ursprünglichen Intensität, d. h. ihr Helligkeitsunterschied ist jetzt 10mal so gross, wie er früher war. Gleiche (eben merkliche) Empfindungsunterschiede entsprechen also gleichen *relativen* Helligkeitsunterschieden.

Die tägliche Erfahrung, welche lehrt, dass wir bei nicht unbeträchtlich verschiedenen Helligkeitsstufen der Tagesbeleuchtung nahezu gleich gut lesen und arbeiten, entspricht dem obigen Versuche. Dieser lässt sich noch feiner als an Photographien an ebenmerklichen Beleuchtungsnuancen der Wolken mit Hülfe einer Reihe von Rauchgläsern ausführen. Auch durch diese einfachen Versuche lassen sich schon die Gränzen des psychophysischen Gesetzes constatiren. Bei zu geringer Beleuchtung unterscheiden wir keine Details mehr auf der Photographie, bei zu intensiver Beleuchtung ebensowenig. So erkennen wir mit freien Augen die Helligkeitsstufen in grell von der Sonne durchleuchteten Wolken, oder gar die Sonnenflecken nicht mehr, die wir mit hinlänglich dunkeln Gläsern noch sehen. Die Maler „zwinkern" mit den Augen, d. h. sie verdecken mit den Augenlidern einen Theil ihrer Pupille, wodurch das Netzhautbild dunkler wird, wenn sie bei grellem Lichte geringe Helligkeitsdifferenzen noch sicher unterscheiden wollen.[1] Die untere Gränze der Gültigkeit des Gesetzes bezieht FECHNER auf die Beimischung des subjectiven Netzhautlichtes, des sogenannten Nebels des dunklen Gesichtsfeldes. Die obere Gränze ist mit der nicht mehr normalen Reizung, bei welcher das Auge schon leidet, in Verbindung gebracht.

Genaue messende Versuche zum Zwecke der Prüfung des psychophysischen Gesetzes wurden auf Veranlassung FECHNER's zuerst von VOLKMANN in Gemeinschaft mit KNOBLAUCH, HEIDENHAIN und JUNG ausgeführt.[2] Es waren die sogenannten Schattenversuche. Vor einem weissen Schirm sind zwei Kerzenflammen angebracht. Zwischen Kerzen und Schirm steht ein Stab, dessen beide Schatten auf letzteren fallen. Beachtet man einen dieser Schatten, während man die ent-

1 BRÜCKE, Bruchstücke aus der Theorie der bildenden Künste. (XXVIII. Bd. der internationalen wissenschaftl. Bibliothek.) S. 216. Leipzig, Brockhaus. 1877.
2 Elem. d. Psychophysik. I. S. 149.



sprechende Kerze immer weiter und weiter entfernt, so gewahrt man, dass er immer undeutlicher wird bis er verschwindet. Da die Stelle des Schattens nur durch die eine Kerze, die Umgebung des Schattens aber durch beide Kerzen beleuchtet ist, und man die Entfernung der Flammen messen kann, so lässt sich die Helligkeit des Schattens und seiner Umgebung leicht berechnen. Die Versuche wurden nun in folgender Weise angestellt. Die eine Flamme bekam eine zunächst willkürliche Entfernung. Der Schatten, den die andere warf, wurde von dem Beobachter ins Auge gefasst, während ein Gehilfe diese Kerze langsam entfernte. Der Beobachter hatte anzugeben, wann ihm der Schatten verschwand. Dieser Punkt wurde noch durch Hin- und Herbewegen der Flamme, wobei sich der Schatten bewegte und dadurch an Kenntlichkeit gewann, genauer ermittelt. Nun wurden die Entfernungen der beiden Kerzen abgemessen. Das Resultat war, dass für alle vier Beobachter mit grosser Annäherung die zweite Kerze 10 mal so weit vom Schirm entfernt sein musste, wenn der Schatten verschwinden sollte; dass also der Schatten um $^1/_{100}$ weniger hell sein musste als der Grund. Dieses wurde gefunden innerhalb der Beleuchtungsintensitäten von 1 bis 38,79. War die Beleuchtung des Grundes nur 0,36, so zeigten sich schon Abweichungen vom Gesetze in dem Sinne, dass der Helligkeitsunterschied ein grösserer sein musste, um den Schatten noch kenntlich zu machen.

Es war begreiflich, dass bei dem Interesse, welches das psychophysische Gesetz im Kreise der Physiologen wie der Psychologen wach rief, eine Reihe von Forschern dasselbe einer erneuten Prüfung unterzog, sowie die Gebiete festzustellen suchte, in welchen es Gültigkeit hat.

Zuerst hat Helmholtz[1] gezeigt, dass, wie schon oben erwähnt wurde, das Gesetz auch für die mittleren Lichtintensitäten nicht vollkommen zutrifft. Bei genauer Beobachtung und einem günstigen Falle zeigt es sich, dass jener Versuch mit der Photographie, welche bei verschiedenen Intensitäten betrachtet wird, nicht ganz genau zutrifft; man findet Schattirungen, welche nur bei einer gewissen Helligkeit merklich sind. Helmholtz erzeugte künstlich solche Schattirungen, indem er auf einer weissen rotirenden Scheibe (wie sie Masson benutzte) einige in einem Radius derselben liegende Linien mit Tusche zeichnete. Bei der Rotation ziehen sich die Linien zu ungemein fein schattirten Ringen auseinander. Er fand nun, dass er bei verschiedenen Helligkeiten verschiedene dieser Ringe eben be-

1 Helmholtz, Physiologische Optik. S. 314.

merkte, und dass jeder derselben nur bei einem gewissen engbegrenzten Helligkeitsgrad sichtbar ist.

Weiter haben Versuche von AUBERT[1] gezeigt, dass das psychophysische Gesetz nur annäherungsweise richtig ist. (Bei Gelegenheit der Einwendungen gegen das Gesetz wird noch einmal von diesen Versuchen die Rede sein.) DELBOEUF[2] hat nach einer Methode, welche von J. PLATEAU[3] angegeben ist, und welche im wesentlichen identisch ist mit der Art aus der Sterngrössenschätzung psychophysische Schlüsse zu ziehen, unser Gesetz geprüft, und fand Resultate, welche FECHNER gegen diejenigen AUBERT's ins Feld führen konnte, indem er hervorhebt, dass bei den AUBERT'schen Versuchen sich constante Fehler eingeschlichen haben dürften, da sonst die Resultate DELBOEUF's nicht gut möglich wären.[4]

Einen auffallenden Versuch führt CAMERER[5] an. Er prüfte das psychophysische Gesetz für seine farbenblinden Augen und fand es für dieselben nicht zutreffend, während es für zwei andere Beobachter annähernd zutraf. Die Prüfung war durch Schattenversuche vorgenommen.

Es fragt sich weiter, ob das psychophysische Gesetz auch für farbiges Licht Gültigkeit hat. LAMANSKY[6] und DOBROWOLSKY[7] kommen insoferne zu ähnlichen Resultaten, als beide eine obere und eine untere Gränze unseres Gesetzes auch für farbiges Licht constatirten (es ergiebt sich die Thatsache derselben schon aus der täglichen Erfahrung) und fanden, dass zwischen diesen beiden eine approximative Richtigkeit obwaltet. Beide Beobachter arbeiteten mit Spectralfarben.

Endlich hat sich das Gesetz auch für den Fall bestätigt, dass ein farbiges Licht mit weissem Lichte gemischt wird. DOBROWOLSKY verglich eine weisse Fläche mit einer danebenbefindlichen, welche eine ebenmerkliche Zumischung einer Farbe enthielt. Er fand, dass diese Zumischung annäherungsweise bei demselben Mischungsverhältniss von farbigem und neutralem Lichte unmerklich wird, wie auch die absolute Intensität geändert werden mochte. Bei Aenderungen der letzteren zwischen 1 und 0,0302 variirte jenes Verhältniss für

---

1 AUBERT, Physiologie der Netzhaut. S. 54. Breslau, bei Morgenstern. 1865.

2 Die diesbezüglichen Untersuchungen dieses Forschers sind niedergelegt in: Étude psychophysique. Bruxelles, Hayez. 1873; dasselbe in Mém. de l'Acad. roy. de Belgique XXIII; Théorie génér. de la sensibilité. Bruxelles, Hayez. 1876; La loi psychophysique. Revue philosophique de la France et de l'Étranger par Ribot. p. 225. Paris, Baillière. 1877.

3 J. PLATEAU, Bull. d. l'acad. d. Belg. XXXIII. 1872, dasselbe in Ann. d. Physik. CL. St. 3. S. 465 1873. Vergl. ferner: Compt. rend. LXXV. 1872 und Bull. d. l'acad. d. Belg. XXXIII. 2. Sér. p. 250.

4 FECHNER, In Sachen der Psychophysik. S. 155. Leipzig, Breitkopf u. Härtel. 1877.

5 CAMERER, Klin. Mon.-Bl. f. Augenheilkunde. 1877.

6 LAMANSKY, Ann. d. Physik. CXLIII. und Arch. f. Ophthalmologie. XVII.

7 DOBROWOLSKY, Arch. f. d. ges. Physiol. XII. S. 441. Vergl. auch ebend. S. 432 und dessen Beiträge zur physiolog. Optik.

Roth von 2,2335 bis 2,0303, wie man sieht eine ziemlich gute Bestätigung des Weber'schen Gesetzes.

Die extensiven Gesichtsempfindungen. Schon E. H. Weber[1] wies nach, dass das nach ihm benannte Gesetz auch Gültigkeit hat für die Beurtheilung der Länge von Linien. Legte er einem Beobachter erst eine, und nach Entfernung derselben eine zweite auf Papier gezogene Linie vor, so wurde noch richtig erkannt, welche der beiden Linien die längere ist, wenn das Längenverhältniss derselben $\frac{50}{51}$ ja bei geübten Augen $\frac{100}{101}$ betrug. Dieses Verhältniss war innerhalb gewisser Gränzen unabhängig von der absoluten Länge der Linien. Es war aber abhängig von der Grösse der Pause, welche man zwischen dem Anblick der ersten und dem der zweiten Linie verstreichen liess.

Nachdem auch Hegelmayer[2] bei Versuchen die nicht direct auf die Prüfung des Gesetzes gerichtet waren, Resultate erhalten hatte, die mit demselben ziemlich gut stimmten, führte Fechner[3] unter Beobachtung aller Vorsichtsmaassregeln zur Vermeidung von constanten Fehlern Versuchsreihen aus, welche „eine sehr entschiedene Bestätigung des Gesetzes für alle irgend erhebliche Distanzen, d. i. von 10 bis 240 mm. bei einem Augenabstande von 1 Fuss bis 800 mm.“ ergaben, „indem die reinen Fehlersummen oder mittleren Fehler, welche hierbei erhalten wurden, den Distanzen so genau proportional gehen, als man es nur immer erwarten kann.“

Auch für diese Fälle scheint das Gesetz eine untere Gränze zu haben, wie aus Versuchen hervorgeht, die unter Volkmann's Leitung mit Distanzen von 0,2 bis 3,6 mm. und gewöhnlicher Sehweite angestellt wurden.[4]

Diese Versuche nun „über extensive Gesichtsempfindungen“ wurden ursprünglich so gedeutet, als handle es sich hier um eine Längenempfindung, welche bei einer längeren Linie an Intensität grösser sei als bei einer kürzeren. Es stimmt diese Vorstellung mit unseren moderneren Anschauungen über Empfindungen nicht überein, vielmehr gewinnt eine andere Deutung an Wahrscheinlichkeit, nämlich die, dass es sich hier um eine Längenmessung durch Muskelgefühl handle. Wir überblicken die zu schätzenden Linien stets und „messen sie“

1 Vergl. die Lehre vom Tastsinn und Gemeingefühle in R. Wagner's Handwörterbuch d. Physiol. III. 2. Abth. S. 559, im Separatabdruck erschienen in Braunschweig bei Vieweg u. Sohn. 1851. S. 104.

2 Hegelmayer, Vierordt's Arch. XI. S. 844. 853.

3 Fechner, Elem. d. Psychophysik. I. S. 212.

4 Vergl. bei Fechner l. c.



indem wir unsere Gesichtslinie ihnen entlang führen. Die Anstrengung welche hierbei ein Muskel macht, ist abhängig von der Länge der Linie. Da wir nun durch andere Thatsachen sicher wissen, dass wir ein sehr ausgebildetes Gefühl für den Innervationszustand unserer Augenmuskeln haben, so liegt es vorläufig nahe, das Gesetz auf dieses Muskelgefühl zu beziehen. Dieses wird solange geboten sein, bis Versuche, bei welchen Linien ohne Verschiebung des Augapfels auf ihre Länge geschätzt werden sollen, mit einem positiven Resultate angestellt sind.

C) Gehörssinn.

Auch hier sind es zunächst Erfahrungen aus dem täglichen Leben, welche die Richtigkeit des Weber'schen Gesetzes wahrscheinlich machen. Auch im Gebiete der Schall- und Tonempfindungen wird ein Zuwachs von gewisser absoluter Grösse unmerklich, wenn er einer bedeutenden Grösse beigefügt wird; eine Uhr, die man bei dem gewöhnlichen Tagesgeräusch nicht mehr ticken hört, hört man wohl noch des Nachts u. dgl. m.

Soll es sich um eine genauere Untersuchung der Abhängigkeit der Empfindungsstärke von der Schallstärke handeln, so muss man natürlich den Schall, bezgl. das Geräusch nur in seiner Intensität, nicht in seinem Charakter ändern. Es sind von Fechner und Volkmann[1] solche Versuche angestellt worden. Als Schallquelle diente eine auf eine Platte auffallende Kugel, deren Fallhöhe verändert werden konnte. Auf diese Weise, sowie durch die Entfernung des Beobachters wurden die Reizintensitäten abgestuft. Die Versuche führten zu einem unser Gesetz bestätigenden Resultate.

Auch für den Gehörssinn hatte man gemeint das Weber'sche Gesetz auf die Fälle ausdehnen zu können, wo es sich nicht um grössere oder geringere Erregungen eines und desselben Nervenapparates handelte, sondern um Betheiligung verschiedener Nervenapparate, ähnlich wie es bei den sogenannten extensiven Empfindungen im Bereiche des Tast- und des Gesichtssinnes der Fall war. Die Thatsache nämlich, dass gleichen Verhältnissen der Schwingungszahlen in den verschieden hohen Octaven gleiche Empfindungen der Tondifferenz entsprechen, wurde so gedeutet.[2] Auch auf alte Versuche von Delezenne[3] über die Genauigkeit mit welcher wir Tonhöhen unterscheiden, wurde schon von Weber[4] Bezug genommen.

---

1 Fechner's Elem. d. Psychophysik. I. S. 176.
2 Ebendas. I. S. 181.
3 Delezenne, Recueil des travaux de la soc. des sciences. Lille 1827.
4 Weber, Tastsinn u. Gemeingefühl. Im Abschnitt welcher betitelt ist: Ueber die kleinsten Verschiedenheiten der Gew., die wir mit dem Tastsinne, der Länge der Linien die wir mit dem Ges. u. d. Töne, die wir mit dem Geh. unterscheiden können. (S. 105 des Separatabdruckes.)

Doch hat Fechner[1], später diese Deutung jener Gehörsphänomene zurückgenommen, veranlasst durch Versuche Preyer's[2], welche zeigen, dass das Weber'sche Gesetz für unseren Fall nicht zutrifft. Jene oben genannten „gleichen Empfindungen der Tondifferenz" sind nämlich etwas wesentlich anderes als das was wir bisher als gleiche Unterschiedsempfindungen bezeichnet haben.

D) Geschmackssinn.

Aus Versuchen welche Keppler[3] über die Genauigkeit angestellt hat, mit welcher wir den Concentrationsgrad einer schmeckenden Flüssigkeit (Kochsalz, Phosphorsäure, Chinin, Glycerin) beurtheilen, folgert Fechner[4], dass es nicht unwahrscheinlich ist, dass auch hier das psychophysische Gesetz Anwendung findet. Es sind diese Versuche so schwer vorwurfsfrei herzustellen, dass ein promptes Stimmen mit den Anforderungen des Gesetzes in keiner Weise zu erwarten ist.

E) Zeitsinn.

Ob sich auch unser Urtheil über die Länge von Zeitintervallen dem psychophysischen Gesetze unterordnet, wurde von Höring[5], Mach[6] und Vierordt[7] untersucht. Mach fand, indem er Signallaute auf die Dauer ihrer Intervalle beobachtete, dass das Verhältniss zwischen dem eben merklichen Zeitunterschied und der Hauptzeit (letzteres Wort in demselben Sinne genommen, wie das „Hauptgewicht") beim Wechsel der letzteren nicht dasselbe bleibt. Dieses Verhältniss hat vielmehr ein Maximum von circa 0,05 bei einer Hauptzeit von 0,3—0,4 Sec. Ebenso ergaben die Versuche Höring's, die unter Vierordt's Leitung angestellt sind, und des letzteren eigene Untersuchungen keine Bestätigung des psychophysischen Gesetzes. Fechner, der in jüngster Zeit diese neuen Versuche besprach[8], hält es jedoch nicht für unmöglich, dass durch richtige Elimination von constanten Fehlern und der Abweichungen der unteren Gränze noch eine Gesetzmässigkeit gefunden werden könne.

F) Glücks- und Unglücksempfindung.

Auch auf diese Empfindungen des intellectuellen Lebens lässt sich unser Gesetz noch bis zu einem gewissen Grade anwenden.[9]

---

1 Fechner, In Sachen der Psychophysik. S. 168. Leipzig 1877.
2 Preyer, Arch. f. d. ges. Physiol. II. S. 449. 1869.
3 Keppler, Das Unterscheidungsvermögen des Geschmackssinnes etc. Inaug.-Dissert. Bonn 1869.
4 Fechner, In Sachen der Psychophysik. S. 161.
5 Höring, Versuche über das Unterscheidungsvermögen des Hörsinnes für Zeitgrössen. Tübingen 1864.
6 Mach, Ueber den Zeitsinn des Ohres. Sitzgsber. d. Wiener Acad. LI. 1865.
7 Vierordt, Der Zeitsinn. Tübingen 1868.
8 Fechner, In Sachen der Psychophysik. S. 174.
9 Vergl. Fechner's Elem. d. Psychophysik. I. S. 237.

So wie im Gebiete der Sinnesempfindungen ein Reizzuwachs von bestimmter Grösse sehr bemerklich ist, wenn er zu einem geringen vorhandenen Reiz hinzutritt, eben noch merklich, wenn der vorhandene Reiz eine gewisse Grösse hat, und unmerklich, wenn diese Grösse überschritten ist, so ist es auch mit den durch äussere Vorkommnisse hervorgerufenen moralischen Empfindungen. Um als einfachstes Maass des äusseren Reizes das Geld als Beispiel zu nehmen, so wird ein Markstück, welches ein Bettler bekommt, in diesem den Eindruck eines grossen Glückes hervorrufen, während es, dem Millionär zugefallen, eine ebenmerkliche oder unmerkliche Empfindung hervorruft. Eine Mutter, die von zehn Kindern eines verliert, empfindet c. p. den Schlag nicht so herb, als wenn sie nur dieses eine besessen hätte.

Der erste, der derartige Betrachtungen angestellt und klar formulirt hat, ist DANIEL BERNOULLI, in seiner Abhandlung: „Specimen theoriae novae de mensura sortis".[1] Dann hat LAPLACE[2] den Gedanken aufgegriffen. Er wurde von ihm weiter entwickelt und später von POISSON[3] acceptirt. Schon BERNOULLI hatte eine dem WEBER-schen Gesetze entsprechende Formel gegeben. LAPLACE entwickelte geradezu das psychophysische Gesetz in einer nur wenig von der FECHNER'schen abweichenden Form. Er nennt „fortune physique" die irdischen Güter (die als Reiz wirken) und fortune morale die Glücksempfindungen, welche durch dieselben hervorgerufen werden und sagt (p. 432): „X étant la fortune physique d'un individu, l'accroissement dx, qu'elle reçoit, produit à l'individu un bien moral réciproque à cette fortune; l'accroissement de sa fortune morale peut donc être exprimé par

$$\frac{k\,dx}{x}$$

k étant une constante. Ainsi en désignant par y la fortune morale. Correspondante à la fortune physique x, on aura

$$y = k \log x + \log h$$

h étant une constante arbitraire, que l'on determinera au moyen d'une valeur de y correspondante à une valeur donnée de x.

Die innere und die äussere Psychophysik.

Es kann nicht unerwähnt bleiben, dass im Sinne des Schöpfers der psychophysischen Gesetze, unser Gegenstand, so weit er bisher behandelt ist, noch durchaus nicht erschöpft ist. Für FECHNER nämlich liegt der Kernpunkt dieser Gesetze in dem Umstande, dass sie

1 Com. Acad. scient. imp. Petropolit. V. 1738.
2 LAPLACE, Theorie analytique des probabilités. p. 187. 432.
3 POISSON, Recherches sur la probabilité. p. 72.

der Ausdruck dafür sind, wie die materiellen Veränderungen des Körpers sich der Seele mittheilen. Ein Reiz bringt in den Sinnesorganen eine gewisse Veränderung hervor, welche sich dem Centralnervensysteme mittheilt; abgesehen von diesen Veränderungen drängen in den Centraltheilen äussere und innere Reize zur rastlosen Bewegung. Diese Bewegung nennt Fechner die psychophysische Thätigkeit. Sie ist das letzte Glied der Kette der materiellen Vorgänge, durch welche die Reize der Seele zugeleitet werden, die letzte der Veränderungen, deren erste die Processe waren, welche der Reiz im Sinnesorgane hervorgerufen hatte, deren zweite jene in dem leitenden Nerven war etc. Die Seele steht also in unmittelbarem Rapport mit der psychophysischen Bewegung. Die Lehre nun von den functionellen Beziehungen der äusseren Reize zu den Functionen der Seele, zu ihren Empfindungen, nennt Fechner die äussere Psychophysik. Die Lehre von den Beziehungen der psychophysischen Bewegung zu den Empfindungen der Seele nennt er die innere Psychophysik. Aus Gründen, die hier übergangen werden müssen, vermuthet Fechner, dass die Veränderungen unserer Sinnesorgane und der psychophysischen Bewegung den äusseren Reizen proportional sind und dass das logarithmische Verhältniss sich auf die Uebertragung des Impulses von der psychophysischen Bewegung auf die Seele bezieht. Es spielt so das psychophysische Gesetz wie man sieht eine andere Rolle, als die ist, in welcher wir es bisher betrachtet haben. Lässt man nämlich, wie dieses geschehen ist, die Frage nach einer Seele ausserhalb der Betrachtungen, so erscheint das psychophysische Gesetz als ein Erfahrungsgesetz, dessen physiologische Grundlagen im Bau und in den Functionen des Nervensystems liegen und der Forschung wohl zugänglich sein mögen. Für Fechner aber ist es das Grundgesetz der Beziehungen zwischen Nervensystem und Seele, muss also eine allgemeinere Gültigkeit haben und ist der physiologischen Forschung schon durch seine Beziehung zur Seele entzogen. Wo es nicht nachgewiesen werden kann, z. B. an der oberen und der unteren Gränze, ist es für ihn nur verdeckt.

Auf diese Weise erklärt es sich, dass hier manches nur als Nebensache oder gar nicht behandelt ist, was in Fechner's Psychophysik eine hervorragende Rolle spielt.

Einwände gegen das psychophysische Gesetz. Modificationen und Erläuterungen desselben.

Es sind Zweifel an der Richtigkeit des psychophysischen Gesetzes erhoben worden. Dieselben sind doppelter Art. Einerseits wird gesagt,

dass die Versuchsresultate das Gesetz nicht erkennen lassen, andererseits wird aus aprioristischen Gründen die Möglichkeit eines solchen Gesetzes in Frage gestellt. Wir können uns in diesen Streitfragen kurz fassen, schon deshalb, weil sich dieselben in dem Werke Fechner's: „In Sachen der Psychophysik“ [1] zusammengestellt und ausführlich besprochen finden. Nur die wichtigsten dieser Fragen mögen kurz berührt und die Vorschläge zu Abänderungen des Gesetzes erwähnt werden. Da in Vorstehendem schon mehrfach hervorgehoben wurde, dass das psychophysische Gesetz nur in einer gewissen Annäherung die Abhängigkeit der Empfindung vom Reize ausdrückt, so wird auf diesen Punkt weiter nicht zurückgegriffen werden.

Helmholtz [2] hat zunächst ausschliesslich an Gesichtsempfindungen denkend, der Formel für die Empfindungsgrösse eine andere Gestalt gegeben, so dass auch die obere und untere Gränze des Gesetzes in der Formel zum Ausdruck kommt.

Die untere Gränze, gegeben durch den Einfluss des Eigenlichtes der Netzhaut, wird in unserer Formel 1) ausgedrückt, indem man zu dem Reize r noch den constanten Reiz des Eigenlichtes r_0 hinzuaddirt,

$$d e = k \frac{d r}{r + r_0} \cdot$$

Durch Integration erhält man dann

$$e = k \log (r + r_0) + C.$$

Da bei starken Reizen die Empfindung auch dieser Formel nicht entspricht, indem sie bei wachsender Reizgrösse erst langsamer und schliesslich, wenn die Reizgrösse sehr hoch gestiegen ist, gar nicht mehr wächst, so muss k als variabel betrachtet werden, und zwar so, dass es beim Wachsthum von r bis zu einem gewissen Punkte nahezu unveränderlich ist, bei sehr grossen Werthen von r aber immer kleiner und schliesslich Null wird. Helmholtz wählt zum Ausdruck dieses Abhängigkeitsverhältnisses die Gleichung

$$k = \frac{a}{b + r}$$

wo a und b Constante, b überdies verhältnissmässig gross ist. Es wird dann die letzte Differentialgleichung zu

$$d e = \frac{a\, d r}{(b + r)(r + r_0)}$$

und

$$e = \frac{a}{b - r_0} \log \left(\frac{r + r_0}{b + r}\right) + C.$$

Das Maximum der Empfindung, welches eintreten kann, ist nach dieser Formel C und die grösste Empfindlichkeit, wenn der Reiz den Werth

$$r = \sqrt{b\, r_0}$$

hat.

Diese Formel bezieht sich, wie gesagt, zunächst auf Lichtempfindungen oder doch nur auf solche Empfindungen, für welche das Fechner'sche Gesetz eine obere und eine untere Gränze hat. Es ist aber auch

---

1 Leipzig bei Breitkopf u. Härtel. 1877.

2 Helmholtz, Physiologische Optik. S. 315.

für Lichtempfindungen erstens nicht auf seine Genauigkeit geprüft, zweitens deshalb nicht ohne Weiteres anwendbar, weil, wie wir aus gewissen Thatsachen wissen, die Empfindungsgrösse für die verschiedenen Farben nicht in gleicher Weise mit der Reizgrösse wächst. Letzterer Umstand bezieht sich natürlich ebenso auf die Formel Fechner's.

Wie oben erwähnt, hat Aubert[1] Versuche gemacht, aus welchen er folgert, dass das psychophysische Gesetz auf dem Gebiete der intensiven Lichtempfindungen keine Gültigkeit hat. Er fand vielmehr, dass bei Abnahme der absoluten Helligkeit die Empfindlichkeit für Helligkeitsunterschiede auch abnimmt. Da wir schon wissen, dass das Gesetz überhaupt nur als annäherungsweise richtig betrachtet wird, dass jener eben genannte Aubert'sche Satz jenseits der unteren Gränze der Gültigkeit des Gesetzes zutrifft, so frägt es sich, ob die Resultate Aubert's so sehr von den gesetzlichen abweichen, dass auch nicht mehr in dem Sinne, wie wir dies bisher gethan haben, von einer näherungsweisen Richtigkeit die Rede sein kann. Aubert hat die Helligkeiten, bei welchen er experimentirte, innerhalb sehr weiter Gränzen geändert, so dass der Gedanke nahe liegt, es könnten diese Versuche, bei Berücksichtigung der oberen und unteren Gränze des Gesetzes, wenigstens die annähernde Richtigkeit derselben als zulässig erscheinen lassen. In der That hat Fechner bei genauerer Prüfung der Aubert'schen Versuchsresultate dieselben mehr für als gegen sein Gesetz sprechend gefunden. Während nämlich bei diesen Versuchen die Helligkeiten von 1- bis zum 96,67fachen variirten — also in weiteren Gränzen als die sind, innerhalb deren normaler Augengebrauch stattfindet — änderte sich der ebenmerkliche Reizunterschied, anstatt constant zu bleiben, nur im Verhältniss von 1 : 1,8 nach aufwärts und abwärts. Fechner findet, dass dieses Resultat, in Anbetracht jener ausserordentlich grossen Aenderungen der objectiven Helligkeit, in hohem Grade geeignet ist, die annähernde Stichhaltigkeit des Gesetzes zu erweisen.

Es ist hier nicht der Ort, alle jene Einwände zu discutiren, welche von Mach[2], Plateau[3], Delboeuf[4], Brentano[5], Langer[6], Ueberhost[7] und Hering[8] gegen das psychophysische Gesetz vorgeführt wurden. Nur von einem Punkt, der in verschiedener Form als Einwand wiederkehrt, mag hier in Kürze die Rede sein.

Es wird gesagt, das psychophysische Gesetz kann nicht richtig sein, denn wäre es richtig, so könnten wir uns mit unseren Empfindungsgrössen in der Welt nicht zurechtfinden. Es ist dieser Einwand in der neuesten Zeit durch Hering ausführlicher und präciser als früher aufgestellt worden, weshalb es vortheilhaft sein wird, bei Erläuterung desselben sich an diesen Autor zu halten, um so mehr als dessen Anschauungen von

---

1 Aubert, Physiologie der Netzhaut. S. 52.
2 Mach, Vorträge über Psychophysik. Wien, Sommer 1873.
3 Plateau l. c.
4 Delboeuf l. c. und s. unten S. 246.
5 Brentano, Psychologie vom empirischen Standpunkte. 1. Th. S. 87. 1874.
6 Langer, Grundlagen der Psychophysik. Jena 1876.
7 Ueberhorst, Entstehung der Gesichtswahrnehmungen. Göttingen 1876.
8 Hering, Zur Lehre von der Beziehung zwischen Leib und Seele. 1. Mitth. Ueber Fechner's psychophysisches Gesetz. Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXII. 1875.

Anderen acceptirt wurden. Der Punkt, um welchen sich diese Frage dreht, wird am einfachsten klargestellt werden durch folgende Stelle in Hering's Abhandlung[1]: „Denken wir uns, wir hätten der ursprünglich 50 mm. langen Linie so viele eben merkliche Längenzuwüchse ertheilt, dass sie in Wirklichkeit um 50 mm., d. i. um ihre eigene Länge gewachsen wäre, und wir hätten ferner der zweiten Linie, die ursprünglich 50 cm. lang war, genau ebenso viele ebenmerkliche Längenzuwüchse verschafft, so würde uns nach dem Fechner'schen Satze der Gesammtzuwachs der letzteren Linie nur ebenso gross erscheinen dürfen, wie der Gesammtzuwachs der ersteren. Bei dieser, die ursprünglich 50 mm. lang war, betrug dieser Zuwachs in Wirklichkeit 50 mm., bei der anderen Linie aber hätte er, entsprechend ihrer ursprünglich grösseren Länge, 50 cm. betragen müssen. Diese zugewachsenen 50 cm. nun, und jene zugewachsenen 50 mm. müssten uns also gleich gross erscheinen, denn beide entsprächen gleich vielen gleich grossen Empfindungszuwüchsen der beiden ursprünglichen Empfindungsgrössen. Es wächst aber bekanntlich die scheinbare Länge einer Linie (innerhalb der hier in Betracht kommenden Gränzen) proportional mit ihrer wirklichen Länge, d. h. die Empfindungsgrösse nimmt proportional mit der Reizgrösse zu; und es ist gut, dass es so ist, sonst könnte von einer Wahrnehmung der räumlichen Verhältnisse der Aussenwelt gar nicht die Rede sein; denn wenn gleichen relativen Reizzuwüchsen gleiche Empfindungszuwüchse entsprächen, so würden unsere Empfindungen nicht proportional, sondern nur logarithmisch mit den Reizgrössen wachsen.

Man denke an die Verwirrung, die daraus entstehen müsste. Zwei verschieden grosse, aber geometrisch ähnliche Dreiecke würden uns unähnlich scheinen, denn das Verhältniss der drei Seiten würde in den beiden Dreiecken für unsere Empfindung oder Vorstellung ganz verschieden sein" . . . . „Wie jedes, so ist auch dieses Paradoxon gar nicht auszudenken. Wenn ich es gleichwohl hier etwas ausgeführt habe, so geschah dies, weil im Grund das psychophysische Gesetz Fechner's ein ganz analoges Paradoxon für die Intensität der Empfindungen schafft, freilich nicht in so offener Weise, sondern mehr oder minder versteckt".

Es lässt sich hierauf zur Vertheidigung des Fechner'schen Gesetzes erwidern, dass zwei ebenmerkliche Reizzuwüchse zwar gleich gross aber durchaus nicht identisch sein müssen, d. i. insofern gleichwerthig, als der eine für den anderen substituirt werden könnte, als der eine von dem anderen durch das Bewusstsein nicht unterschieden würde.

Denken wir uns eine Empfindung von Null an durch lauter gleiche Empfindungszuwüchse wachsen, so dass die endliche Empfindungsgrösse etwa durch das Bild einer in viele gleiche Theile getheilte Verticale darzustellen ist. Die Reizzuwüchse, welche jenen gleichen Empfindungszuwüchsen entsprechen, seien uns für den Moment gleichgültig.

Jeder dieser Empfindungszuwüchse ist nun nicht nur durch seine Grösse, sondern auch durch seine Stellung, die er der Höhe nach einnimmt, charakterisirt.

---

1 Hering l. c. S. 12.

Die HERING'sche Voraussetzung, dass gleich viele gleich grosse Empfindungszuwüchse gleiche Empfindungen hervorrufen müssen, in unser Bild übersetzt, hiesse, dass die n untersten Theile unserer Linie dieselbe Empfindung repräsentiren würden, als n aneinanderstossende Theile derselben aus irgend einer anderen Höhe. Die letzteren n Theile aber müssten wir zu diesem Vergleiche gleichsam herausheben und mit den ersten auf dieselbe Abscissenaxe setzen. Dies thut HERING, indem er den absoluten Zuwachs zu seiner kurzen Linie mit dem absoluten Zuwachs zu seiner langen Linie vergleicht. Es liegt aber hierin die Voraussetzung, dass es blos auf die Anzahl, nicht auch auf die Position jener gleichen Linientheile, welche die Empfindungszuwüchse darstellen, ankommt.

Man kann die Frage aufwerfen, ob es denn auch richtig ist, dass ein Empfindungszuwachs (bezogen auf einen bestimmten und nach der Intensität variirenden Sinneseindruck, z. B. einer Gewichtsempfindung) ausser durch seine Grösse auch noch durch die Höhe, in welcher er sich unserem Bilde nach befindet, charakterisirt ist. Man könnte meinen, ein solcher Empfindungszuwachs sei, da seine Qualität schon gegeben ist, nur in der Grösse variabel; sind also zwei gleichartige Zuwüchse auch gleich gross, so müssten sie auch gleich, sozusagen congruent sein, der eine für den anderen substituirbar sein.

Wie man sieht hat diese Frage ihre volle Berechtigung; sie nöthigt uns auf einen bisher unerörterten Punkt einzugehen, der für die Bedeutung des psychophysischen Gesetzes von Wichtigkeit ist. Es handelt sich darum, was wir qualitativ gleiche Empfindungen verschiedener Intensität nennen. Man hat allgemein angenommen, dass mit der Steigerung der Intensität sich (innerhalb gewisser Gränzen) die Qualität nicht ändert. Hierauf basirt jedes Messen der Empfindungsgrösse, also auch das psychophysische Gesetz. Fragt man sich aber nach der unserem Bewusstsein entnommenen Grundlage dieses Satzes, so findet man dieselbe durchaus nicht so fest, wie gewöhnlich vorausgesetzt wird. Dass die Druckempfindung, welche ein Loth hervorruft, von der Druckempfindung, welche ein Pfund hervorruft, nur quantitativ verschieden ist, ist nicht Gegenstand der unmittelbaren Empfindung. Gegenstand der unmittelbaren Empfindung ist nur, dass die beiden Empfindungen verschieden sind. Oder man denke an einen Ton, der einmal schwach dann stark angeschlagen wird, an zwei Helligkeiten von verschiedener Intensität, an die Empfindung des Lauen und die des noch nicht schmerzhaften Heissen, wobei alle diese Empfindungen innerhalb der Gränzen des FECHNER'schen Gesetzes liegen mögen. Eine Empfindung ist eben ein Vorgang von grosser Complicirtheit, und das einfache Schema von „wie“ und „wie viel“ ist auf dieselbe nur mit Reserve anzuwenden. Es will scheinen, als wären wir aus unserer Empfindung heraus nie auf den Gedanken gekommen, dass die Eindrücke der genannten Reize sich nur durch ihre Quantität unterscheiden; als hätte uns vielmehr die Erfahrung, dass der Reiz nur in seiner Quantität geändert werden muss, um von einer Empfindung zur anderen zu führen, auf diesen Gedanken gebracht.

Man könnte auf den ersten Blick meinen, dass Empfindungen sich als quantitativ verschieden manifestiren, wenn sie dadurch charakterisirt sind, dass man von der einen durch unmerkliche Uebergänge von hin-

länglicher Anzahl zu der anderen gelangen kann. Dem ist aber nicht so, denn man kann auf demselben Weg von Roth zu Grün, von einem Ton zum anderen gelangen.

Man wird sagen: wenn das Auseinandergesetzte richtig ist, so giebt es nicht nur qualitativ verschiedene Empfindungen im alten Sinne, sondern zu diesen kommen nun noch alle jene qualitativen Empfindungen, welche ihren Ursprung in den verschiedenen Quantitäten der Reize haben. Ein psychophysisches Gesetz sei jetzt in keiner Form mehr denkbar, da man verschiedene Dinge nicht mit demselben Maasse messen kann.

Nun ist aber zu bemerken, dass (wie schon in der Einleitung auseinandergesetzt) qualitativ verschiedene Empfindungen doch im Bewusstsein gewisse Aehnlichkeiten haben können, wodurch sie sich als zusammengehörig manifestiren. Die Empfindung eines Tones ist von der qualitativ verschiedenen Empfindung eines anderen Tones nicht so entfernt, wie die Empfindung des Tones von der eines Gewichtes etc. Gewisse Gruppen von Empfindungen gehören also, wie uns unser Bewusstsein sagt, zusammen. So können auch jene Empfindungen, welche durch einen quantitativ variirenden Reiz hervorgerufen werden, obwohl sie qualitativ verschieden sind, doch den Stempel der Zusammengehörigkeit tragen, und thun dies in der That. Eine solche Gruppe von zusammengehörenden Empfindungen kann auch einen gemeinsamen Namen haben, so dass man ganz wohl von Gewichtsempfindungen, Rothempfindungen etc. sprechen kann, ohne damit zu sagen, dass jene Empfindungen alle ganz streng genommen, dieselbe Qualität haben müssen.

Nun kann man zwar Aepfel, Birnen und Nüsse für gewöhnlich nicht addiren, kann sie aber wohl addiren, wenn man vor die Summe ihren gemeinsamen Namen Obst hinschreibt. Ebenso, will es scheinen, kann man jene zwar qualitativ verschiedenen Empfindungszuwüchse addiren, wenn man nur vor ihre Summe den gemeinsamen Namen Gewichtsempfindung, Rothempfindung u. dgl. hinschreibt.

Es ist klar, dass bei diesen Anschauungen das psychophysische Gesetz in ein anderes Licht tritt. Da die ebenmerklichen Empfindungszuwüchse, wenn sie auch qualitativ verschieden sind, doch gleich gross bleiben, so gilt das Gesetz nach wie vor. Die Empfindungen einer bestimmten Gruppe (im oben angedeuteten Sinne), z. B. die Empfindungen, welche ein allmählich wachsendes Gewicht hervorruft, sind in einer bestimmten Reihe angeordnet. Die Empfindungsgrösse im Fechner'schen Gesetze giebt nun den Ort in jener Reihe an, welcher der durch die gegebenen Reize hervorgerufenen Empfindung zukommt.

So wie die ebenmerklichen Empfindungszuwüchse, obwohl sie nicht identisch sind, gleiche Grösse haben, sind auch ebenmerkliche Empfindungszuwüchse, welche verschiedenen Sinnesgebieten angehören, oder ebenmerkliche Empfindungen, sie mögen durch welche Sinnesorgane immer hervorgerufen sein, gleich gross.

Es sind also gleich grosse Empfindungszuwüchse nicht als identisch zu betrachten, und darin liegt wohl die Lösung der durch Hering hervorgehobenen Schwierigkeiten.

Hering's Anschauungen gehen weiter dahin, dass die richtige Auffassung der Aussenwelt durch unsere Sinne nur dann möglich ist, wenn

die Empfindungsgrösse proportional der Reizgrösse steigt. Die oft erwähnten Versuchsresultate als richtig vorausgesetzt, würde dieser Satz zu der Behauptung drängen, dass ebenmerkliche Empfindungsunterschiede nicht gleich gross sind. Bedenkt man nun, dass, wie oben schon erwähnt, die Grösse eines Empfindungsunterschiedes nur durch seine grössere oder geringere Merklichkeit gegeben ist, so erkennt man die Unhaltsamkeit jener Anschauung.

In der That hat Hering die Versuchsresultate selbst in Zweifel gezogen. Neue von ihm und seinen Schülern angestellte Versuchsreihen ergaben keine Uebereinstimmung mit den Forderungen des psychophysischen Gesetzes. Freilich hat Fechner später gezeigt, dass Hering's Resultate auch anders, und zwar zu Gunsten des psychophysischen Gesetzes gedeutet werden können. Es kann hier diese Controverse um so mehr übergangen werden, als Hering neue Versuchsreihen zu bringen versprach, also jetzt doch keine endgültige Anschauung gewonnen werden könnte.

Im Gegensatz zu jenen Autoren, welche das psychophysische Gesetz mit der sogenannten praktischen Wahrheit unserer durch die Empfindungen vermittelten Vorstellungen und Wahrnehmung unvereinbar halten, leitet J. J. Müller gerade aus dieser praktischen Wahrheit unserer Vorstellungen das Fechner'sche Gesetz ab.[1] Es ist nicht leicht möglich, diese Ableitung in Kürze wiederzugeben, doch soll der Weg derselben skizzirt werden. Bei dem grossen Wechsel in der Intensität der Reize, welche unsere Sinnesorgane treffen, und bei dem ebenso grossen Wechsel der Erregbarkeit unserer Sinnesorgane fragt es sich, auf welche Weise wir unterscheiden, ob zwei Empfindungen von ungleicher Grösse diese ihre Ungleichheit der verschiedenen Intensität der äusseren Reize oder der Verschiedenheit der Erregbarkeit des betreffenden Sinnesorganes verdanken. Eine Unterscheidung dieser beiden Fälle muss möglich sein, sollen unsere Empfindungen praktisch verwerthbar sein. Diese Unterscheidung ist nach J. J. Müller auf folgende Weise gegeben. Der Intensitätsunterschied zweier Empfindungen ist, wenn derselbe von einer Differenz der äusseren Reize herrührt, unabhängig von der Erregbarkeit, rührt er aber von dem Unterschied in der Erregbarkeit des Sinnesorganes her, so ist er unabhängig von dem äusseren Reiz. Für den ersten Theil dieses Satzes sprechen Beobachtungen Fechner's[2], er fand, dass der Unterschied zweier Gewichte noch gleich gut erkannt wird, ob der hebende Arm ermüdet ist oder nicht. (Der zweite Theil dieses Satzes ist bisher experimentell nicht erwiesen.) Hieraus leitet nun J. J. Müller unter Zuhülfenahme von einigen anderen mehr oder weniger sicher gestellten Sätzen der Physiologie, z. B. desjenigen von der Proportionalität der Nervenerregung mit der Reizgrösse auf mathematischem Wege das psychophysische Gesetz ab. Die Erregbarkeit wird in die Ableitung einbezogen, indem sie bei constantem Reize der Nervenerregung proportional gesetzt wird.

---

1 J. J. Müller, Ueber eine neue Ableitung des Hauptsatzes der Psychophysik. Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. XXII. S. 328.

2 Fechner, Elem. d. Psychophysik. I. S. 305.

Anschauungen über die Bedeutung des psychophysischen Gesetzes.

J. BERNSTEIN[1] fand folgende Theorie über die Ausbreitung der Nervenerregung in den nervösen Centren übereinstimmend mit dem FECHNER'schen Gesetze, und betrachtet sie demnach als in ursächlichem Zusammenhange mit letzterem stehend.

Eine durch die Nervenfaser zugeleitete Erregung verbreitet sich nach der Vorstellung BERNSTEIN's im Centralorgane, indem sie von Ganglienzelle zu Ganglienzelle fortgeleitet wird, in der Umgebung der Eintrittsstelle des Nerven, so dass ein Irradiationskreis dieser Erregung entsteht. Indem nun vorausgesetzt wird, dass diese Verbreitung der Erregung unter einem gewissen Widerstand geschieht, und dass die zum Bewusstsein kommende Intensität der Empfindung proportional ist dem Raum in welchem sich die Erregung ausgebreitet hat, bez. der Anzahl Ganglienzellen, welche in diesem Raume enthalten sind, ergiebt sich für jede Reizgrösse eine bestimmte Empfindungsgrösse. Die Gränze eines solchen Irradiationskreises ist durch die Annahme eines Schwellenwerthes der Erregung gegeben, d. i. eines Werthes für die lebendige Kraft des sich verbreitenden Erregungsvorganges, bei welchem jener supponirte Widerstand nicht mehr überwunden werden kann. Die Erregung ist im Centrum des Kreises am intensivsten und nimmt nach der Peripherie, erstens wegen jenes Widerstandes, zweitens wegen der Vertheilung der lebendigen Kräfte ab. Berechnet man die Grössen eines Irradiationskreises für Reizungen von verschiedener Intensität, so findet man, dass dieselben nach dem FECHNER'schen Gesetze von letzteren abhängen.

Auch lassen sich eine Reihe von Thatsachen über die Genauigkeit unserer Tastempfindungen aus dieser Theorie ableiten. Schwieriger wird es, sich die Theorie für Gesichts- und Gehörsempfindungen zu ergänzen. Nehmen wir z. B. an, ein kleiner Netzhautbezirk wird durch Licht gereizt; es entsteht dann im Centrum ein Irradiationskreis. Wächst jetzt die Intensität der Reizung, so soll sich der Irradiationskreis auf neue Gangliengruppen ausbreiten. Diese neuen Gangliengruppen können aber nicht den benachbarten Netzhautelementen angehören, da, wie wir ja wissen, die Localisation der Netzhauteindrücke innerhalb weiter Gränzen der Reizungsintensitäten merklich dieselbe bleibt. Es müssen das also Gangliengruppen sein, welche n u r dann erregt werden, wenn jene Netzhautstelle bis zu diesem Grade der Intensität gereizt wird. Sehr hohe Reizintensitäten

[1] BERNSTEIN, Untersuchungen über den Erregungsvorgang im Nerven- und Muskelsystem. S. 165. Heidelberg, bei Winter. 1871.



würden dann Zellengruppen in Erregung versetzen, welche fast das ganze Leben unbenützt sind, und gleichsam nur für den Fall so starker Erregungen vorräthig sind: eine Anschauung, die nicht ganz plausibel ist.

Auch Delboeuf [1] ist bestrebt, die physiologischen Vorgänge, die zu einer Empfindung führen und das Verhältniss zwischen Reizgrösse und Empfindungsgrösse dem Verständniss näher zu führen. Dieser Autor stellt sich die Theilchen des nervösen Apparates in steten Schwingungen vor und betrachtet die Veränderungen, welche diese Bewegung durch den Nervenreiz, der selbst auch in einer ähnlichen Bewegung besteht, erleidet, als den Ausdruck der Empfindung. Er kommt durch seine mathematischen Deductionen zu einer Formel für die Empfindung, welche mit der Fechner'schen im Wesentlichen übereinstimmt. Seine Vorstellungen über den Empfindungsvorgang führen ihn auch auf den mathematischen Ausdruck für die Ermüdung und deren Abhängigkeit von den Leistungen des Sinnesorganes.

DRITTES CAPITEL.

Die Bewegungsimpulse.

Aehnlich wie wir von Empfindungselementen handelten, kann man von Innervationselementen sprechen, d. i. von der willkürlichen Erregung einer motorischen Nervenfaser. Es ist unbekannt, ob eine solche einzelne Erregung je gesetzt wird, ja es ist sogar fraglich, ob nicht stets alle Nervenfasern, die zu einem Muskel führen, in Erregung versetzt werden, da die partielle willkürliche Contraction eines (anatomisch gut begränzten) Muskels nie beobachtet wurde. Hingegen ist durch Brücke's [2] Untersuchungen festgesetzt, dass jene Innervationselemente bei der willkürlichen Erregung zeitlich nicht zusammenfallen. Künstliche tetanische Erregung vom Nerven aus verhält sich vielmehr zur willkürlichen Erregung eines Muskels wie rasch auf-

---

1 Vergl. nebst den S. 233 angeführten Schriften dieses Autors den Aufsatz in: Revue scientifique de la France et de l'étranger. 31. Juillet 1875 und das Werkchen: La Psychologie comme science naturelle. Bruxelles 1876, endlich: La loi psychophysique in der Revue philosophique. V. 1878.

2 Brücke, Ueber willkürliche und krampfhafte Bewegungen. Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXV. 1877.

einanderfolgende Salven zu einem Pelotonfeuer.[1] Aber selbst ganze Muskeln können wir, wenn überhaupt nur in Ausnahmsfällen isolirt, in Contraction versetzen. Vielmehr sind es gewöhnlich Gruppen von Muskeln, welche bei einer auch noch so einfach erscheinenden Bewegung betheiligt sind. So sind, wie Brücke nachwies, bei der Streckung des Fusses im Sprunggelenk, bei der Beugung der Hand im Handwurzelgelenk, und offenbar auch bei anderen derartigen Bewegungen die Antagonisten der direct betheiligten Muskeln stets auch in Contraction. Selbst so isolirt gelagerte Muskeln, wie der Tensor tympani, können nur in Gemeinschaft mit anderen Muskeln contrahirt werden.

Wenn zwei oder mehrere Muskeln nur gleichzeitig durch den Willen in Contraction versetzt werden können, so sagt man, es herrsche zwischen ihnen Mitbewegung. So ist es z. B. beim Tensor chorioideae und Sphincter pupillae, bei den beiden Masseteren und vielen anderen paarigen Muskeln, ferner den Flexoren der Zehen u. s. f.

Neben diesen unauflöslichen Combinationen von Bewegungen giebt es auch solche, welche im Laufe des Lebens aufgelöst werden können. Zu diesen gehören alle jene Bewegungen, welche das Kind combinirt ausführt, und welche später, wenn dasselbe den Gebrauch der Glieder lernt, isolirt ausgeführt werden. Bekanntlich bewegt das Kind gewöhnlich beide Arme gleichzeitig und gleichsinnig, es zieht beide Füsse in gleicher Weise an den Körper heran, es beugt alle Finger etc. Diese Bewegungen isoliren sich später, welche Isolation durch Uebung bis zu der Vollendung gebracht werden kann, die uns ein Clavierspieler zeigt. Dieser kann auch zum Beispiele dafür dienen, dass die Anzahl der in der Zeiteinheit ausführbaren Bewegungen durch Uebung vermehrt wird. Sowie Mitbewegung beseitigt werden kann, kann sie auch im Laufe des Lebens acquirirt werden. (In diesem Falle spricht man wohl auch, um ihn von jenem eben besprochenen zu unterscheiden, von associirter Bewegung.) Gewisse, bei mechanischen Arbeiten oft ausgeführte Bewegungscombinationen werden so geläufig, dass das Weglassen einer solchen Bewegung Schwierigkeiten macht. Man denke an einen Schwimmer, dem die Aufgabe gestellt wird, den Unterschenkel eines Beines hängen zu lassen, mit dem Oberschenkel aber die gewöhnliche Bewegung zu machen. Hiermit hängt es zusammen, dass geübte Arbeiter später ermüden als ungeübte. Letztere führen überflüssige Muskelbewegungen aus. Auf dem Erlernen von

---

1 Harles (Analyse der willkürlichen Bewegung. Ztschr. f. rat. Med. (3) XIV) hielt die willkürlichen Bewegungen im Gegensatze zu den tetanischen für vollkommen continuirlich.

Bewegungscombinationen und des richtigen Verhältnisses der einzelnen Innervationen beruht hauptsächlich die Geschicklichkeit in Fertigkeiten.

Es sind auch Bewegungscombinationen, die bei der Locomotion ausgeführt werden, und die verschiedenen Gangarten der Thiere zeigen, dass solche Combinationen, ohne eigentliche Mitbewegung zu sein, im Organismus gleichsam vorgebildet sind. Hier kann man sehen, dass der Ort, an welchem die Innervationen zu diesen Bewegungscombinationen gesetzt werden, das Rückenmark ist, denn der geköpfte Frosch macht noch seine Sprungbewegungen, das geköpfte Huhn seine Lauf- und Flugbewegungen, das geköpfte Kaninchen die Galoppbewegung. Das Gehirn scheint also wenigstens bei diesen Thieren jene Bewegungscombinationen im Rückenmarke fertig auszulösen.

Sowohl die einfacheren als die zusammengesetzten Bewegungen stehen unter der Controlle der sinnlichen Erfahrung insofern, als sie, wenn diese mangelt, schlecht ausgeführt werden, und wenn diese zeigt, dass die intendirten Bewegungen nicht zum Ziele führten, anders ausgeführt werden, so dass sie zum Ziele führen. Diese Controlle durch die Erfahrung geschieht unbewusst, d. h. die Veränderung des Willensimpulses, welche durch die Erfahrung geboten wird, fällt nicht in das Bereich des Bewusstseins, oder muss doch nicht in das Bereich des Bewusstseins fallen.

Es ist bekannt, dass in jenen Krankheitsfällen, in welchen die Sensibilität gestört ist, gewisse Bewegungen ungeschickt ausgeführt werden. Der Tabetiker, der nicht mehr correct empfindet, was für Bewegungen seine Willensimpulse in den unteren Extremitäten hervorrufen, geht ungeschickt oder fällt sogar, wenn er die Füsse nicht sehen kann. Ja Strümpell [1] erzählt einen Fall, in welchem eine Person, deren Hautsensibilität gänzlich geschwunden war, bei geschlossenen Augen angab, sie habe die Hand zur Faust geballt, erhebe den Arm u. dgl., ohne dass dies der Fall war. Oeffnete sie die Augen, so zeigte sich, dass sie nun sehr gut, und ohne irgend ein Kennzeichen motorischer Störung, die Hand schliessen und öffnen konnte etc.

Es ist schon hieraus zu ersehen, wie schlecht wir den Grad unserer willkürlichen Innervation zu ermessen vermögen, und wie nothwendig es für die correcte Ausführung der Bewegungen ist durch

---

1 Strümpell, Beobachtungen über ausgebreitete Anästhesien u. deren Folgen für die willkürliche Bewegung. Deutsch. Arch. f. klin. Med. XII. S. 321. Dieser Aufsatz ist für jene, welche sich für den in Rede stehenden Gegenstand interessiren, in hohem Grade lesenswerth.

die Erfahrungen, welche uns unsere Sinnesorgane liefern, stets unterstützt zu sein. So sind z. B. die beiderseitigen Arme und Hände an gemeinsames Arbeiten gewöhnt und doch geschieht es, dass, wenn man sich die Aufgabe stellt, bei freigehaltenen Armen und geschlossenen Augen die beiden Zeigefinger so gegen einander zu führen, dass sie mit ihren Spitzen aneinander stossen, diese Probe auf den richtigen Grad und die richtige Vertheilung der Innervation für die Hand- und Armmuskeln misslingt, und dieses selbst bei Clavierspielern und sonst manuell geübten Individuen. Es kommt vor, dass man mehrere Male nach einander fehl tritt, wenn man im dunklen Zimmer ein glimmendes Zündhölzchen auszutreten sucht.

Nimmt man (nach Helmholtz[1]) Prismen von 16 bis 18 Grad brechendem Winkel so vor beide Augen, dass beide Prismen die äusseren Gegenstände z. B. nach rechts verschieben, und betrachtet irgend ein Object genau auf seine Lage, schliesst dann die Augen und greift nach demselben, so greift man natürlich rechts an ihm vorbei. Manipulirt man aber auch nur wenige Minuten mit diesen Brillen, so wird man bei Wiederholung des Versuches ganz sicher nach den Objecten greifen. Es hat sich also in dieser kurzen Zeit die ganze Innervationscombination der Extremität geändert und den neuen Erfahrungen angepasst. Nimmt man jetzt die Brillen fort, so greift man links an den Objecten vorbei, weil die neue Innervationsart auf die alten Verhältnisse nicht mehr passt.

Es ist auch nothwendig, dass unsere Innervationscombinationen in hohem Grade modificirbar sind, denn im entgegengesetzten Falle würden wir schon bei Ermüdung des Muskelapparates und noch mehr bei ungleichmässiger Ermüdung der einzelnen Muskeln desselben, die Fähigkeit correcte Bewegungscombinationen auszuführen, verlieren.

Wir arbeiten also mit unseren Bewegungsorganen so zu sagen auf den Effect, d. h. wir ändern an dem Grad und dem Verhältnisse der Innervationen so lange bis die erwartete Empfindung eintritt. Dabei ist unsere Kenntniss von den Innervationen, die wir erfliessen lassen, so gering, dass wir nicht nur von ganzen Muskelgruppen in Unkenntniss sein können, ob wir sie in Contraction versetzen oder nicht, sondern wir täuschen uns auch häufig, selbst wenn wir unsere Aufmerksamkeit darauf richten, über die Richtung der Bewegung, welche wir ausführen. Für das erstere kann jener oben besprochene Versuch Brücke's als Beispiel dienen, bei welchem unbewusst die Strecker contrahirt werden, wenn eine Beugung intendirt und aus-

1 Helmholtz, Physiolog. Optik. S. 601.

geführt wird. Hier ist der Effect, auf welchen es abgesehen ist der, durch Schaffen eines Widerstandes eine hinlänglich langsame und sichere Bewegung zu erzielen. Deshalb bleiben die Antagonisten auch aus dem Spiele, wenn der Bewegung ohnehin schon ein grosser Widerstand dargeboten ist. Für den letzteren Fall mag als Beispiel angeführt sein, dass wir mit der grössten Sicherheit die Zungenspitze nach einer schmerzhaften Stelle der Mundschleimhaut führen oder einen Bissen wälzen, ohne angeben zu können, ob sich dieselbe hierbei nach oben oder nach unten, nach rechts oder nach links bewegen muss. (Physiologen und Anatomen sind für diesen Versuch nicht die richtigen Objecte, da sie sich schon auf anderweitige Weise zu genaue Kenntniss ihrer Mundhöhle und der mit den Zungenbewegungen verbundenen Empfindungen verschafft haben.) Es schliessen sich hieran als Beispiel alle jene Mundstellungen, welche beim Sprechen ausgeführt werden und die Kehlkopfbewegungen. Hiermit hängt es auch zusammen, dass wir bei gewissen Bewegungscombinationen, welche wohl möglich, aber im Allgemeinen ohne Nutzen sind, uns ungeschickt benehmen. So ist durch den muskulösen Apparat wohl die Möglichkeit gegeben, den Humerus eine Drehung um seine Axe ausführen zu lassen (natürlich nicht um ganze 360 Grade), ohne dabei die Hand um ihre Axe zu drehen. Will man es thun, so gelingt es nicht. Wohl aber kann man die Bewegung lernen, wenn man zuerst die Hand und mit ihr den Vorderarm fixirt, indem man sich an einem Tischrand festhält.

Ein Beispiel welches sehr gut zeigt, wie wir die Innervationscombinationen tastend suchen und an der erwarteten Empfindung rectificiren, besteht darin, dass man sich einen Bleistift oder dergl. nahe vor das Gesicht hält und bei geschlossenen Augen versucht, die richtige Augenstellung für die bekannte Lage desselben zu treffen. Oeffnet man dann die Augen, so sieht man fast immer Doppelbilder, zum Beweis, dass die richtige Innervation nicht getroffen wurde, diese Doppelbilder verschwinden aber sehr rasch, indem nun der Innervationsgrad ausfindig gemacht wird, nachdem für denselben ein Anhaltspunkt durch den sinnlichen Eindruck gegeben ist.

Es muss hier noch bemerkt werden, dass Bewegungen, welche den Charakter der willkürlichen Bewegungen tragen, oft unwillkürlich, sogar gegen den Willen ausgelöst werden beim Wachrufen gewisser Vorstellungen, sei es in Folge von Sinneseindrücken, sei es auch nur, dass Gedächtnissbilder auftauchen. Das Gesticuliren beim Sprechen, sowie das Gesticuliren eines einsamen Spaziergängers, ja auch das Sprechen desselben gehört hierher. Auch ganze complicirte Reflexe

werden durch Vorstellungen ausgelöst. Darauf beruht das Ansteckende des Gähnens, das Schauern bei einer grauenhaften Geschichte etc., ja die Absonderungsnerven zeigen sich wie in ihrem anatomischen Verhalten so auch hierin den motorischen Nerven angereiht, dass auch sie unwillkürlich durch Vorstellungen in Erregung versetzt werden. Das Weinen bei Gemüthserregungen, die Speichelabsonderung bei der Vorstellung wohlschmeckender Speisen sind hier zu nennen.

Was die Intensität der motorischen Impulse anlangt, so ist hervorzuheben, dass, ähnlich wie dieses bei den Empfindungen der Fall ist, wenn sie eine gewisse Grösse überschreiten, die Localisation leidet. Versucht man z. B. durch den Adductor pollicis einen Gegenstand fester und fester zu pressen, so bemerkt man, dass fast alle Muskeln der Hand, die Muskeln des Unterarmes und schliesslich auch die des Oberarmes in Contraction gerathen.

Das Zittern, welches bei heftigen willkürlichen Muskelactionen auftritt, kann seine Ursache sowohl in einer ungleichmässigen Action der Muskeln, wie in einer Ungleichmässigkeit der Nervenimpulse haben.

Wie aus der Höhe des Muskeltones und Mitschwingungsversuchen von Helmholtz [1] zu ersehen ist, bekommt bei willkürlicher Contraction der Muskel 18—20 Nervenimpulse in der Secunde. Der Muskelton entspricht der höheren Octave d. h. er hat 36—40 Schwingungen. Obwohl der Muskel selbst fähig ist, einen viel höheren Ton zu geben [2], so nimmt derselbe doch bei Steigerung der willkürlichen Anstrengung nicht merklich an Höhe zu, woraus hervorgeht, dass die kräftigere Bewegung nicht in einer grösseren Frequenz jener Einzelimpulse, sondern in Zunahme von deren Intensität beruht.

Angesichts der oben erwähnten Thatsache von der Pelotonfeuerartigen Entladung im Muskel ist der Muskelton nicht mehr aufzufassen als der Ausdruck der Anzahl der an den ganzen Muskel abgegebenen Entladungen. Es scheint vielmehr wahrscheinlich, dass er der Ausdruck der Anzahl jener Entladungen ist, welche in einer Secunde durch eine Nervenfaser fliessen, wobei diese Entladungen nicht gleichzeitig mit den Entladungen anderer Nervenfasern sein müssen. Wie leicht einzusehen muss auch auf diese Weise jene Tonempfindung zu Stande kommen. [3]

---

1 Vergl. Helmholtz, Ueber das Muskelgeräusch. Monatsber. d. Berliner Acad. 1864; Arch. f. Anat. u. Physiol. 1864. S. 766 und Verh. d. naturhist.-med. Vereins z. Heidelberg. III u. IV.

2 Vergl. nebst der Abhandlg. von Helmholtz auch Bernstein, Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 191.

3 Vergl. auch Friedrich, Unters. des physiologischen Tetanus mit Hülfe des



Die Anzahl jener Einzelimpulse ist durch Einrichtungen des Centralnervensystems gegeben, denn obwohl man vom peripheren Nerven aus den Muskelton steigern kann, indem man die Anzahl der Reize steigert, so dass die Höhe des Muskeltones der Anzahl der Reize entspricht [1], fand du Bois-Reymond [2] schon vor vielen Jahren, dass der Muskelton bei Reizung des Rückenmarks tiefer ist, als er der Anzahl der Reize nach hätte erwartet werden können.

(Vergl. über Bewegungsimpulse nebst den angeführten Werken noch J. Müller's Handb. d. Physiol. d. Menschen. II. Coblenz und C. Ludwig's Lehrb. d. Physiol. d. Menschen. I. Leipzig bei Winter. 1858.)

VIERTES CAPITEL.

Das zeitliche Verhalten psychischer Impulse.

I. Der zeitliche Verlauf der Empfindungsimpulse.

Wir wissen, dass eine Gesichtsempfindung, hervorgerufen durch einen constanten Reiz, an Intensität nicht constant ist, dass sie vielmehr in den ersten Zeittheilchen (es handelt sich hierbei um Bruchtheile von Secunden), von Null an allmählich wächst, ein Maximum erreicht, um dann viel langsamer, als sie angestiegen war, wieder abzusinken.[3] Ebenso ist es von den Tonempfindungen nachgewiesen, dass dieselben ihre volle Intensität erst nach verhältnissmässig langer Einwirkung des Tones auf das Ohr erreichen.[4] Dass die Tonempfindung später wieder an Intensität abnimmt, wie die Gesichtsempfindung, ist nicht bekannt.

---

stromprüfenden Nerv-Muskelpräparates. Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXIV, und Brücke l. c.

1 Diese Steigerung hat eine Gränze. Der höchste Muskelton, der durch Steigerung der Reizfrequenz vom Nerven aus erzeugt werden konnte, hatte 933 Schwingungen. Mehr als 933 Nervenreize beantwortet der Muskel nicht mehr mit dem Ton von gleicher Schwingungsanzahl. Bernstein l. c.

2 du Bois-Reymond, Ges. Abhandlg. z. allg. Muskel- u. Nervenphysiol. II. S. 30. Leipzig 1877.

3 Vergl. Fick, Zeitlicher Verlauf der Netzhautreizung. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1863; Sigm. Exner, Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit. Sitzgsber. d. Wiener Acad. LVIII. 1868; Kunkel, Ueber die Abhängigkeit der Farbenempfindung von der Zeit. Arch. f. d. ges. Physiol. IX.

4 Vergl. Sigm. Exner, Zur Lehre von den Gehörsempfindungen. Arch. f. d. ges. Physiol. XIII.

Anders verhält es sich mit den Empfindungen, welche durch Geräusche hervorgerufen werden, und ebenso mit Tastempfindungen. Hier ist von jenem Ansteigen und Abfallen der Empfindungsintensität nichts zu beobachten. Hingegen zeigen uns Geschmackssinn und Geruchssinn, dass eine solche Trägheit der Empfindung durch die Functionsweise des Sinnesorganes gegeben sein kann, und legen den Gedanken nahe, dass wir es auch bei Auge und Ohr nicht mit Eigenthümlichkeiten der nervösen Centralorgane, sondern mit solchen der Endapparate zu thun haben. In der That kann kaum mehr ein Zweifel darüber existiren, dass letzteres der Fall ist. Denn einerseits wissen wir, dass bei Reizung der Netzhaut durch Licht von mässigen Intensitäten mehr als 24 Impulse in der Secunde wirken müssen, wenn der Eindruck ein continuirlicher werden soll. Reizt man aber auf elektrischem Wege die Nervenfasern der Netzhaut direct, so bringen auch 60 solche Impulse in der Secunde noch keinen continuirlichen Eindruck hervor, obwohl die letzteren Reize den ersteren an Intensität nachstehen.[1] Es geht hieraus hervor, dass jener oben erwähnte träge Verlauf der Gesichtsempfindungen seinen Grund im Endorgane des N. opticus hat. Andererseits hat sich gezeigt, dass jenes allmähliche Ansteigen der Tonempfindungen auf dem Umstand beruht, dass die Schneckenfasern, durch deren Mitschwingen die Empfindung erst hervorgebracht wird, nicht gleich durch die ersten Tonwellen das Maximum ihrer Elongationen erreicht haben, dass die Vibrationen vielmehr allmählich an Grösse zunehmen.[2] Auch hier also beruht die Trägheit der Empfindungen auf der eigenthümlichen Functionsweise des Endapparates, und wir werden später Thatsachen kennen lernen, welche zeigen, dass wir auch mit dem Gehörorgan verhältnissmässig viele Impulse in der Zeiteinheit aufnehmen können (Geräusche), dass also auch hier die Centralorgane jene Trägheit der Empfindung nicht verursachen.[3] Demnach gehören diese Erscheinungen in das Bereich der eigentlichen Sinnesphysiologie.

Ueber die Geschwindigkeit, mit welcher Empfindungsimpulse dem Centralorgane zugeleitet werden, wird bei Gelegenheit der Persönlichen Gleichung die Rede sein.

---

1 Sigm. Exner, Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Processe. 4. Abhdlg. Arch. f. d. ges. Physiol. XI.

2 Derselbe, Zur Lehre von den Gehörsempfindungen. Ebendaselbst XIII.

3 Die Frage nach der Anzahl der Empfindungen, welche in der Zeiteinheit percipirt werden können, ist von Preyer ausführlich behandelt, aber in anderem Sinne beantwortet worden, wie dieses oben geschehen ist. (Ueber die Gränzen des Empfindungsvermögens und des Willens. Bonn 1868.)

II. Der zeitliche Verlauf der Bewegungsimpulse.

Es ist schon oben erwähnt worden, dass wir uns nicht vorzustellen haben, dass bei der Intention einer Bewegung vom Centralorgan ein Impuls oder eine Reihe rhythmischer Impulse abgegeben werden, welche gleichzeitig die Nervenfasern der betreffenden Muskeln erregen. Diese Impulse werden vielmehr zwar rhythmisch jeder einzelnen Nervenfaser zugeführt, doch sind die Phasen dieses Rhythmus für die verschiedenen Nervenfasern verschieden. Es steht hiermit die Thatsache, dass wir einen Muskelton von bestimmter Höhe hören, nicht in Widerspruch, denn wir hören auch den Ton richtig, den viele Violinen gleichzeitig spielen, und doch sind hier offenbar Phasenunterschiede zwischen den von den einzelnen Instrumenten ausgehenden Wellenzügen vorhanden.

In welcher Weise die einzelnen Impulse im Nerven verlaufen, ob die negativen Stromesschwankungen, welche sie hervorrufen, von derselben Form sind wie jene, die wir künstlich durch elektrische Reizung erzeugen u. dgl. m., wissen wir nicht. Von der Leitungszeit der motorischen Impulse soll, so weit sie uns hier interessirt, bei Besprechung der Reactionszeit gehandelt werden.

Vierordt[1] hat mit seinem Schüler Camerer[2] Untersuchungen darüber angestellt, mit welcher Genauigkeit Bewegungen, bei welchen man eine gewisse Geschwindigkeit beabsichtigt, ausgeführt werden. Sie fanden, dass, wenn man seine Hand eine gewisse vorgestellte Strecke weit bewegen will, die Strecke zu gross ausfällt, wenn die Bewegung langsam, zu klein, wenn sie schnell ausgeführt wird. Jede derartige Bewegung beginnt und endet nicht plötzlich, sondern mit geringer Geschwindigkeit, auch dann, wenn eine gleichmässige Geschwindigkeit intendirt wird. Diese Anfangs- und Endabweichung währt um so kürzer, je rascher die intendirte gleichmässige Bewegung ist. Beabsichtigten jene Forscher eine beschleunigte Bewegung auszuführen, so zeigte das Resultat, dass ihnen diese Bewegung auffallend gut gelungen ist, ja dass sie eine nahezu gleichförmig beschleunigte Bewegung ausgeführt hatten. Natürlich muss auch hier vom Beginn und Ende der Bewegung abgesehen werden. Soll man eine verzögerte Bewegung ausführen, so zeigt sich die Neigung, in der ersten Hälfte der Bewegung eine zu grosse Verzögerung eintreten zu lassen, die zweite Hälfte zu wenig zu verzögern.

1 Vierordt, Zeitsinn. Tübingen 1868.
2 Camerer, Versuche über den zeitlichen Verlauf der Willensbewegungen. Inaug.-Dissert. Tübingen 1866.



III. Die Persönliche Gleichung.

Wir haben es in diesem Abschnitte mit einer physiologischen Erscheinung zu thun, welche zuerst von Astronomen bemerkt und genauer untersucht wurde [1], auch von diesen ihren etwas auffallenden Namen erhalten hat. Es ist nämlich bei Bestimmungen der Stellung eines Gestirnes üblich, das mit einem oder mehreren Fäden versehene Fernrohr nach jener Stelle des Himmels zu richten, an welcher man den Stern um eine bestimmte Zeit erwartet. Rückt der Stern in das Sehfeld, so achtet der Beobachter auf die Schläge eines Secundenpendels. Ist er dem betreffenden Faden hinlänglich nahe gerückt, so hat der Astronom seine Aufmerksamkeit dahin zu concentriren, sich erstens die Entfernung des Sternes vom Faden zu merken, die derselbe in dem Momente hatte, in welchem der letzte Secundenschlag vor dem Durchgange des Sternes durch den Faden gehört wurde, zweitens sich die Entfernung des Sternes auf der anderen Seite des Fadens zu merken, die derselbe in dem Momente des ersten Secundenschlages nach dem Durchgang durch den Faden hatte. Auf diese Weise wurde die Zeit, in welcher der Stern den Faden passirte, schätzungsweise bis auf Zehntel von Secunden genau bestimmt.

Es ergab sich nun, dass verschiedene Personen auf diese Weise die Zeit des Durchganges des Sternes verschieden bestimmten und als man sich durch geeignete Mittel (z. B. dadurch, dass dasselbe Fernrohrbild gleichzeitig in den Augen verschiedener Beobachter entworfen wurde) überzeugt hatte, dass die Ursache dieser Differenzen nicht in den Apparaten liege, begann man dieselben in den physiologischen Eigenthümlichkeiten der Beobachter zu suchen. Es war dieses um so mehr gerechtfertigt, als wenn A heute den Stern später durch den Faden treten sah als B, er ihn auch morgen etc. und zwar um annäherungsweise dieselbe Zeitdauer später durchtreten sah.

So lag der Gedanke nahe, die Differenzen, welche sich zwischen verschiedenen Astronomen zeigten, um vergleichbare Beobachtungsresultate zu erhalten, ein für alle Male zu bestimmen und in Rechnung zu bringen. Man that dieses in folgender Weise. Wenn z. B. Bessel den Durchtritt eines Sternes um 7 Uhr beobachtete, so sah ihn Argelander um 7 Uhr 1,22 Sec. Man schrieb diese Beobachtungsdifferenz in Form der Gleichung: Argelander — Bessel = 1,22 Sec.

---

[1] Eine Zusammenstellung der hierhergehörigen astronomischen Arbeiten findet sich bei Radau, Moniteur scientifique Quesneville. No. de 15. novembr. 1865 et suiv. und Carl's Repert. f. physik. Technik. I u. II.; ferner vollständiger in Sigm. Exner, Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Processe. Abhdlg. I. Arch. f. d. ges. Physiol. VII.

Auf diese Weise kam die Erscheinung zu dem Namen der „persönlichen Gleichung“.

Die astronomischen Beobachtungen nahmen an Genauigkeit einigermaassen zu, als man die oben beschriebene Beobachtungsweise mit der folgenden vertauschte. Der Moment, in welchem der Stern hinter den Faden trat, wurde durch eine Handbewegung markirt, theils indem durch dieselbe ein Uhrwerk zum Stehen gebracht wurde, theils indem eine Taste niedergedrückt wurde, welche mit Hülfe elektrischer Uebertragungen ein Zeichen auf einer rotirenden Trommel machte, welches nun den Zeitmoment der Handbewegung angab.

Wie man sieht, beruhen die beiden Wege, auf welchen die Astronomen ihre Zeitbestimmungen, und damit auch ihre Untersuchungen der persönlichen Gleichung ausführten, auf physiologisch sehr verschiedenen Vorgängen, wie auch jenen nicht entgangen ist.

Die erste Beobachtungsweise führt zum physiologischen Studium der Frage: wie schnell können sich zwei Sinneseindrücke folgen, damit ihre zeitliche Lage noch richtig erkannt wird? Dieses kleinste Zeitintervall nennen wir die „kleinste Differenz“.

Die zweite Beobachtungsweise führt zu dem Studium der Frage: wie gross ist die Zeit, welche nothwendig vergehen muss, wenn auf einen Sinnesreiz hin eine beabsichtigte Bewegung ausgeführt werden soll? Diese kleinste Zeit nennen wir „Reactionszeit“.

1. *Die kleinste Differenz.*

Gesichtssinn. Es kann zunächst um die kleinste Differenz gefragt werden für den Fall, wo die beiden Reize dieselbe Netzhautstelle treffen. Es fällt diese Frage zusammen mit den vielfach gemachten Untersuchungen über die Dauer eines Lichteindruckes, und es wurde schon oben erwähnt, dass und warum diese Untersuchungen in das Bereich der speciellen Sinnesphysiologie gehören. Hier sei nur erwähnt, dass Versuche an rotirenden Scheiben, die in schwarze und weisse Sectoren von gleicher Grösse getheilt waren, ergaben, dass bei gewöhnlichem Tageslicht circa 24 Reize in der Secunde erfolgen müssen, wenn die Scheibe gleichmässig grau erscheinen soll, d. h. wenn die kleinste Differenz überschritten ist. Es würde auf diese Weise eine kleinste Differenz von $^1/_{48}$ Sec. gefunden sein, wenn es sich nicht weiter herausgestellt hätte, dass wenn die weissen Sectoren auch nicht gleich gross mit den schwarzen sind, jene 24 Reize immer noch die Gränze bilden[1], bei welcher der Eindruck ein

1 Es hängt dieses mit den Curven des An- und Abklingens einer Lichtempfindung zusammen, worauf hier nicht näher eingegangen werden kann.



continuirlicher wird. Da die Grösse der schwarzen Sectoren die kleinste Differenz repräsentirt, so folgt hieraus, dass die kleinste Differenz für unseren Fall unendlich viele Grössen haben kann. Andererseits ist die Anzahl der Reize, welche nöthig ist, um jenen Eindruck zu einem continuirlichen zu machen, abhängig von der Intensität des einwirkenden Lichtes, so dass also die kleinste Differenz zweier, dieselbe Netzhautstelle treffender Reize in doppeltem Sinne unendlich viele Werthe haben kann.

Anders ist es, wenn die beiden Reize verschiedene Netzhautstellen treffen. Fixirt man eine Stelle, an welcher schnell hintereinander zwei elektrische Funken überspringen, deren Bilder auf der Netzhaut 0,011 mm. von einander entfernt sind (in welchem Falle beide als im Netzhautcentrum befindlich betrachtet werden können), so erkennt man noch, welcher Funken früher überspringt, wenn ihre Differenz 0,044 Sec. beträgt.[1]

Höchst auffallend ist es, dass, wenn die Orte der beiden elektrischen Funken Anfangs- und Endpunkte einer wirklichen oder scheinbaren Bewegung sind — so also, dass der Beobachter nicht zwei helle Punkte aufflackern sieht und entscheiden soll, welcher der erste war, sondern dass er eine Bewegung zwischen diesen Punkten sieht und entscheiden soll, welche Richtung dieselbe hatte, — die kleinste Differenz wesentlich kleiner, nämlich 0,014—0,015 ist. Es hängt dies offenbar mit der praktischen Bedeutung zusammen, welche das Erkennen von Bewegungen hat.[2]

Sowohl die kleinste Differenz für den Fall, in welchem keine Bewegung gesehen wird (0,044 Sec.) als auch jene für Bewegungserscheinungen (0,015 Sec.), sind innerhalb weiter Gränzen merklich unabhängig von der Lichtintensität und, wenn man sich nicht zu weit vom Netzhautcentrum entfernt, von dem gegenseitigen Abstand der beiden Reizstellen; ferner hat sich gezeigt, dass sie auch unabhängig ist von der Grösse der Netzhautbilder (natürlich auch innerhalb der durch die Verhältnisse gegebenen Gränzen).

Lässt man beide Reize auf die Netzhautperipherie fallen, so erhält man als kleinste Differenz Zahlen, welche mit denen für das Centrum als gleichwerthig betrachtet werden können. Für das Sehen von Bewegung an einer Netzhautstelle, welche 4,1 mm. nach aussen von der Fovea centralis lag, ergab sich 0,017 Sec. Für das Er-

1 Wo es nicht ausdrücklich anders gesagt ist, sind die hier anzuführenden Zahlen entnommen aus: SIGM. EXNER, Experimentelle Untersuchung der einfachsten psychischen Processe. 3. Abh. Arch. f. d. ges. Physiol. XI.

2 Vergl. SIGM. EXNER, Das Sehen von Bewegungen und die Theorie des zusammengesetzten Auges. Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXXII. 1875.

kennen der Zeitdifferenz an weiter von einander entfernten Reizstellen mit Ausschluss von Bewegungserscheinungen fand sich als kleinste Differenz 0,049 Sec.

Trifft ein Reiz die Fovea centralis und der andere eine Stelle der Netzhautperipherie, welche 6 mm. über dem Centrum liegt, so scheint die kleinste Differenz grösser zu sein, als in den bisher genannten Fällen, nämlich 0,076 Sec.

Lässt man einen Reiz auf das Centrum des rechten Auges, den anderen auf das des linken Auges wirken, wählt aber nicht vollkommen identische Stellen, so dass die überspringenden Funken nebeneinander zu sein scheinen, so sieht man eine scheinbare Bewegung (wie unter ähnlichen Umständen monoculär) und erhält annähernd dieselbe kleinste Differenz, die für die Bewegungserscheinung in einem Auge gefunden wurde, nämlich 0,017.

Gehörssinn. Von den eigentlichen Tonempfindungen müssen wir aus schon angedeuteten Gründen absehen.

Unter den Geräuschempfindungen ist das zu den vorliegenden Versuchen geeignetste das Knistern, das ein elektrischer Funke hervorruft, oder das Geräusch eines plötzlichen Stosses. Beobachtet man mit einem Ohr, so werden zwei elektrische Funken noch als zeitlich auseinanderfallend erkannt, wenn der eine 0,00205 Sec. früher überspringt als der andere. Nicht mehr sicher erkennt man eine Differenz von 0,00198 Sec., so dass die Zahl 0,002 Sec. als kleinste Differenz angenommen werden kann. Bei Versuchen, in welchen ein Blechstreifen an ein Savart'sches Rad streifte, aus dem alle Zähne mit Ausnahme von zwei nebeneinanderstehenden entfernt waren, ergab sich dieselbe Zahl.[1]

Leitet man je einem Ohr ein kurz dauerndes Geräusch zu, so erhält man eine ganz andere kleinste Differenz. Diese beträgt bei gleichen Eindrücken für beide Ohren 0,064 Sec. Damit, dass das Unterscheidungsvermögen eines Ohres so viel besser ist als das Unterscheidungsvermögen für Eindrücke, von denen der eine das eine Ohr, der andere das andere Ohr trifft, hängt die Bemerkung E. H. Weber's[2] zusammen, dass wir ganz wohl bestimmen können, ob zwei Taschenuhren gleichzeitig oder ungleichzeitig ticken, wenn wir beide vor dasselbe Ohr halten, diese Unterscheidung aber nicht mehr treffen, wenn wir vor jedes Ohr eine Uhr halten.

---

1 Mach hat ähnliche Versuche angestellt, wie der letzt besprochene und kam zu einer kleinsten Differenz von 0,016 Sec. Unters. über d. Zeitsinn d. Ohres. Sitzgsber. d. Wiener Acad. LI.

2 E. H. Weber, Tastsinn und Gemeingefühl. S. 13. Braunschweig 1851.

Tastsinn. Die hier zu erwähnenden Versuche sind meistens so angestellt, dass Stösse — etwa durch die Zähne eines sich drehenden Zahnrades erzeugt —, rasch hinter einander die Haut treffen, und der Beobachter beurtheilte, bei welchen Intervallen der Tasteindruck noch discontinuirlich erschien. Da man an fast jedem musikalischen Instrumente durch Anlegen der Hand an dasselbe erfahren kann, dass man die Vibrationen auch noch ziemlich hoher Töne als Schwirren fühlt, so war zu erwarten, dass die Anzahl der Eindrücke, welche in einer Secunde erfolgen müssen, damit eben eine continuirliche Empfindung entstehe, eine bedeutende sein werde. PREYER [1] steht wohl ganz vereinzelt mit der Behauptung, dass schon 27,6 bis 36,8 Stösse in der Secunde eine continuirliche Empfindung ergeben. VALENTIN [2] hatte schon früher diese Gränze bei 480 und 640 angegeben und v. WITTICH [3] fand dieselbe in der Nähe von 1000.[4]

Diese Versuche zeigen wohl, dass das Vermögen des Centralorganes, gesonderte Tasteindrücke aufzunehmen, ein ausserordentliches ist, doch geben sie die obere Gränze dieses Vermögens nicht an, da die wirklich gefundene Gränze mit gewisser Wahrscheinlichkeit — ähnlich wie bei Auge und Ohr — auf die Functionsweise des Endapparates bezogen werden muss. Es erhellt dies sogleich, wenn man bedenkt, dass, soll der Zustand der Nervenendigungen sich ändern, die durch einen Stoss niedergedrückte Haut merklich wieder aufschnellen muss, ehe der nächste Stoss kommt.

Versuche, bei welchen der Endapparat gar nicht im Spiele ist, können durch elektrische Reizung der Haut ausgeführt werden. Da hat es sich gezeigt, dass unter gewissen Umständen schon 36 Inductionsschläge in der Secunde eine continuirliche Empfindung erzeugen können, dass diese Empfindung aber bei Steigerung der Reizintensität wieder discontinuirlich wird. Auf der Stirnhaut wurden 60 Schläge noch als discontinuirlich empfunden. Auch diese Versuche mit elektrischer, sind wie jene mit mechanischer Reizung durchaus nicht maassgebend. In beiden Fällen spielen vielleicht Circulationsstörungen eine Rolle, ferner verändert sich der Charakter der Empfindung u. dgl. m.

Eine kleinste Differenz lässt sich also in diesem Falle nicht

1 PREYER, Die Grenzen des Empfindungsvermögens u des Willens. Bonn 1868.
2 VALENTIN, Arch. f. physiol. Heilkunde. 1852.
3 v. WITTICH, Bemerkungen zu PREYER's Abh. über die Grenzen des Empfindungsvermögens und des Willens. Arch. f. d. ges. Physiol. II.
4 Auch MACH führt gelegentlich seiner Untersuchungen über das zeitliche Unterscheidungsvermögen des Ohres einen hierher gehörigen Versuch an. Sitzgsber. d. Wiener Acad. LI. 1865.

angeben, doch scheint sie, wie aus dem oben angeführten Versuche hervorgeht, mit dem Wachsen der Reizintensität abzunehmen.

Im Gebiete des Geruchs und Geschmackssinnes sind aus naheliegenden Gründen keine Versuche über die kleinste Differenz angestellt worden.[1]

Wir haben bisher nur die kleinste Differenz zwischen denselben oder verschiedenen Nervenendigungen eines Sinnes besprochen. Wir gehen zu dem Falle über, dass die zwei Reize verschiedene Sinnesorgane treffen.

Auge und Ohr. Blickt man einen überspringenden elektrischen Funken an und ertönt gleichzeitig mit diesem Ueberspringen des Funkens ein Glockenschlag, so ist die Gleichzeitigkeit dieser beiden Sinnesreize nicht leicht zu erkennen. Soll man ein Urtheil fällen, so überlegt man es sich, ob der eine oder der andere Reiz der erste war, und wenn man nicht weiss, wie sich die beiden Reize zeitlich verhalten, so wird man häufig urtheilen, dass sie gleichzeitig erfolgten, häufig aber auch, dass die Schallempfindung vorausging, am seltensten dass die Gesichtsempfindung die erste war.

Macht man eine Reihe solcher Versuche, bei welchen ein Gehülfe nach Willkür, und ohne dass der Experimentirende Kenntniss davon hat, die Intervalle zwischen den beiden Reizen ändert, so findet man, dass im grossen Ganzen der Schall früher empfunden wird, als der elektrische Funken gesehen wird. Bei der Unsicherheit der Beurtheilung ist es nicht möglich, genau die Zeit anzugeben, um welche ersterer Reiz später erfolgen muss, um mit letzterem gleichzeitig zu erscheinen, doch dürfte dieselbe zwischen 0,04 und 0,06 Sec. liegen.

Unter diesen Verhältnissen kann natürlich von einer Angabe der kleinsten Differenz, diesen Namen im obengebrauchten Sinne genommen, nicht mehr die Rede sein. Man müsste zwei solche kleinste Differenzen unterscheiden. Die eine für den Fall, dass der Gesichtseindruck dem Gehörseindruck vorangeht, wurde in einer Versuchsreihe 0,16 Sec. gefunden; die zweite für den Fall, dass der Gesichtseindruck dem Gehörseindruck folgt, wurde 0,06 Sec. gefunden, wobei der Grad der Sicherheit, mit welcher das Urtheil gefällt wurde, durch ein willkürliches Maass bestimmt ward.

Es ist klar, dass derartige Versuche auf unsere Frage nur dann

---

1 Erwähnt mag werden, dass eine Untersuchung Schirmer's sich damit beschäftigt, zu constatiren, welche Substanz früher geschmeckt wird, wenn Gemenge von zwei schmeckenden Substanzen auf die Zunge gebracht werden. Dissertation Gryphiae 1856 und Deutsche Klinik 1859.

eine correcte Antwort geben, wenn der Experimentirende nicht weiss, ob früher von ihm gefällte Urtheile richtig waren oder nicht. Würde er dieses von einem Urtheil erfahren, so fiele sein nächstes schon corrigirt aus, er würde unbewusst z. B. vorsichtiger sein mit dem Urtheil, dass der Glockenschlag früher war, als der Funken u. dgl. m.

Wesentlich anders gestalten sich die Dinge, wenn der Moment des einen Reizes vorauszusehen ist, wie dies bei den astronomischen Messungen der Fall ist. Hier wird das Verschwinden des Sternes hinter dem Faden als optischer Reiz betrachtet, und den Moment desselben konnte der Beobachter mit der Annäherung des Sternes heranrücken sehen. Aehnlich ist es bei Versuchen, die Wundt[1] angestellt hat.

Tastsinn und Gehörssinn. Modificirt man den eben besprochenen Versuch, bei welchem ein Funken sichtbar und ein Glockenschlag hörbar war, so, dass der elektrische Schlag durch die Finger einer Hand geht, und stellt sich die Aufgabe, während wieder ein Gehülfe das Intervall verändert, zu beurtheilen, ob der Tasteindruck oder der Gehörseindruck der erste war, so bemerkt man zunächst, dass das Urtheil mit grösserer Sicherheit abgegeben werden kann. Beim Studium derartiger Versuchsreihen stellt sich weiter heraus, dass eine Verzögerung der einen Empfindung gegen die andere, wie eine solche der Gesichtseindruck gegen den Gehörseindruck erleidet, nicht merklich ist. Diese Verzögerung des Gesichtseindruckes ist hingegen wieder sehr deutlich, wenn man

Tastsinn und Gesichtssinn mit einander vergleicht. Auch hier sind die Urtheilsfehler viel geringer wie bei Auge und Ohr, doch wird, wenn beide Reize gleichzeitig wirken, geurtheilt, dass der Gesichtseindruck später erfolgt. Die Verzögerung desselben beträgt circa 0,01 Sec. Auch hier muss man demnach von einer doppelten kleinsten Differenz sprechen, welche wieder nach einem willkürlichen Maass der Sicherheit des Urtheils gemessen, beträgt: wenn der Tastreiz vorausgeht, circa 0,05, wenn derselbe nachfolgt, circa 0,07 Sec.

Im Folgenden sind die kleinsten Differenzen für die verschiedensten Reizarten zusammengestellt, freilich können die Zahlen nur als annähernd richtig bezeichnet werden.

Es muss hier hervorgehoben werden, dass die psychischen Vorgänge bei jenen Versuchen, in denen dieselben Nervenendigungen zweimal durch gleiche Reize erregt werden, wie bei intermittirenden Licht- oder Schalleindrücken möglicherweise nicht unwesentlich ver-

---

1 Wundt, Neuere Leistungen auf dem Gebiete der physiologischen Psychologie. Vierteljschrft. f. Psychiatrie I. 1867.

schieden sind von jenen, welche bei den Versuchen an verschiedenen Sinnesorganen statt haben. Im ersteren Falle hat nämlich der Beobachter nur zu beurtheilen, ob die beiden Eindrücke eine continuirliche oder eine discontinuirliche Empfindung liefern, es liegt aber ganz ausser aller Möglichkeit, zu beurtheilen, welcher Reiz der erste war. Anders beim zweiten Falle. Trifft ein Reiz das Auge und nahezu gleichzeitig ein anderer das Ohr, so fällt hier der Anhaltspunkt, den das Urtheil in der Continuität der Empfindung hatte, ganz fort, und es ist nur dadurch zu erfahren, ob die beiden Reize gleichzeitig oder ungleichzeitig empfunden werden, dass der Beobachter ein Urtheil darüber fällt, welcher Reiz der erste war.

	kleinste Differenz
Zwischen zwei Geräuschempfindungen (elektrische Funken)	0,002 Sec.
„ „ Lichtempfindungen an derselben Netzhautstelle, hervorgerufen durch directe elektrische Reizung . . kleiner als	0,017 „
„ „ Tastempfindungen, hervorgerufen durch Stösse an den Finger (Mach[1])	0,0277 „
„ „ Lichtempfindungen in der Fovea centralis, hervorgerufen durch optische Bilder	0,044 „
„ „ Lichtempfindungen auf der Netzhautperipherie, hervorgerufen durch optische Bilder	0,049 „
„ Gesichtsempfindung und Tastempfindung (Gesichtsempfindung nachfolgend)	0,05 „
„ Gesichtsempfindung und Gehörsempfindung (Gesichtsempfindg. nachfolgend)	0,06 „
„ zwei Geräuschempfindungen, deren jede einem Ohr angehört .	0,064 „
„ Gesichtsempfindung und Tastempfindung (Gesichtsempfindung vorausgehend)	0,071 „
„ zwei Lichtempfindungen, deren eine der Peripherie, die andere dem Centrum der Netzhaut angehört	0,076 „
„ Gesichtsempfindung und Gehörsempfindung (Gesichtsempfindg. vorausgehend)	0,16 „

2. *Die Reactionszeit.*[2]

Es ist nach dem, was das Studium der kleinsten Differenz gezeigt hat, zu erwarten, dass auch die Reactionszeiten verschieden ausfallen werden, wenn die Sinnesreize, auf welche die beabsichtigte Bewegung in möglichst kurzer Zeit ausgeführt werden soll, variirt werden.

Der erste, der einen Versuch über Reactionszeit anstellte, war der Entdecker der persönlichen Gleichung, Bessel. Er beabsichtigte zunächst nur die Differenzen bei verschiedenen Individuen festzustellen. Eine Reihe von Autoren hat an eigens hierzu construirten Apparaten die Versuche in verschiedenen Modificationen wiederholt, um die Einflüsse, welche Uebung und andere Umstände auf jene

---

1 Mach, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LI. 1865.

2 Auch „physiologische" Zeit genannt. Da man mit diesem Ausdrucke nicht immer genau denselben Begriff verbunden hat, ziehe ich, um Missverständnisse zu vermeiden, den oben angeführten vor.

Differenzen ausüben, zu studiren. Später hat HELMHOLTZ[1] die Reactionszeiten für Reizung verschiedener Hautstellen gemessen, um aus ihnen die Leitungsgeschwindigkeit in den sensiblen Nervenbahnen zu bestimmen. Zu demselben Zwecke wurde noch eine grosse Anzahl von derartigen Messungen theils von Physiologen, theils von dem Astronomen HIRSCH ausgeführt, deren Resultate im Folgenden mitgetheilt werden sollen.[2]

Auch hier kann es sich bei Zahlenangaben über die Reactionszeit nur um näherungsweise richtige Werthe handeln. Denn selbst bei dem ernstesten Bestreben, seine Aufmerksamkeit einzig dem Versuche zuzuwenden, um so rasch als möglich auf den erwarteten Sinnesreiz die Bewegung auszuführen, fallen doch die Resultate nicht gleich aus.

Wir wollen hier zunächst die Versuche ins Auge fassen, in welchen auf verschiedene Sinnesreize immer mit derselben Bewegung, nämlich mit Fingerdruck reagirt wurde.

Als ersten Sinnesreiz wählen wir die elektrische Erregung der freien Hand, d. i. der Hand, welche nicht reagiren soll.

Im Folgenden ist eine Zusammenstellung der von verschiedenen Autoren für diese „Reactionszeit von Hand zu Hand", wie wir sie nennen wollen, gefundenen Werthe gegeben. Jede Zahl stellt natürlich einen unter entsprechenden Vorsichtsmaassregeln gewonnenen Mittelwerth aus grösseren Versuchsreihen dar.

Reactionszeit von Hand zu Hand.

Nach HELMHOLTZ	0,12776 0,12495	Sec. „
„ HIRSCH	0,1733 0,1911	„ „
„ KOHLRAUSCH	0,1697[3]	„
„ v. WITTICH	0,153 0,166	„ „
„ EXNER	0,1276 0,1283	„ „
„ v. VINTSCHGAU	0,1087 0,1860	„ „
„ v. KRIES und AUERBACH	0,117 0,146[4]	„ „

---

1 HELMHOLTZ, Versuche von N. BAXT über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den motorischen Nerven des Menschen. Monatsber. d. Berliner Acad. 1867. S. 229 Anm.

2 Auch in diesem Abschnitte sind alle Zahlen, bei welchen der Autor nicht ausdrücklich angegeben ist, entnommen aus der Abhandlung: SIGM. EXNER, Experimen. Unters. d. einfachsten psychischen Processe. 1. Abh. Die persönliche Gleichung. Arch. f. d. ges. Physiol. VII.

3 Diese Zahl ist nach einer von KOHLRAUSCH gegebenen Tabelle für dessen Beobachter A berechnet.

4 Die Doppelzahlen bedeuten Werthe, welche in verschiedenen Versuchsreihen gefunden wurden.

Es würde zu weit führen, sollten hier alle einzelnen Versuchsanordnungen und Resultate, welche in den Arbeiten von HIRSCH[1], KOHLRAUSCH[2], SCHELSKE[3], HANKEL[4], v. WITTICH[5], MENDENHALL[6], v. VINTSCHGAU und HÖNIGSCHMIED[7], SIGM. EXNER[8] und BURCKHARDT[9], sowie in jenen später zu bezeichnenden Arbeiten, deren directes Ziel zwar die Messungen der Vorstellungs- und Urtheilszeit ist, die aber doch hierher gehörige Angaben enthalten, angeführt und besprochen werden.

Die obige Tabelle zeigt, wie gross die Verschiedenheiten der Reactionszeiten bei verschiedenen Individuen sind. Wenn wir uns also jetzt die Frage vorlegen, wie die Reactionszeiten variiren, wenn man den Reiz, auf welchen immer dieselbe Bewegung ausgeführt werden soll, ändert, so kann die Beantwortung derselben nur von Interesse sein, wenn sich alle Versuche auf ein Individuum beziehen.

Im Folgenden ist eine solche Tabelle gegeben, welche sich wieder auf die Handbewegung als Reaction bezieht, und zwar wurde mit der rechten Hand reagirt.

Reizungsstelle und Art	Reactionszeiten
	Sec.
Lichtempfindung, hervorgerufen durch directe elektrische Reizung der Netzhaut	0,1139
Elektrischer Schlag in die linke Hand	0,1276 0,1283
Plötzliche Schallempfindung	0,1360
Elektrischer Schlag in die Stirnhaut	0,1374
„ „ „ „ rechte Hand	0,1390
„ Funke in gewöhnlicher Weise gesehen	0,1506
„ Schlag in die Zehen des linken Fusses	0,1749

Die Tabelle giebt die Reactionszeiten in wachsender Ordnung. Hiernach gehört die erste Stelle der elektrischen Netzhautreizung. Es muss hierbei hervorgehoben werden, dass nicht sicher zu con-

1 HIRSCH, Molesch. Unters. IX. und Bull. de la société des sciences naturelles de Neuchâtel. VI. 1862; ferner: Bibliothéque universelle de Genève. Arch. d. sciences phys. XVIII. 1862.
2 KOHLRAUSCH, Ztschr. f. rat. Med. XXVIII.
3 SCHELSKE, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1864.
4 HANKEL, Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866; dasselbe in Ann. d. Physik. CXXXII.
5 v. WITTICH, Ztschr. f. rat. Med. XXXI. 1868; ferner: Arch. f. d. ges. Physiol. II. 1869.
6 MENDENHALL, Americ. journ. of scienc. and arts. II. 1871.
7 v. VINTSCHGAU u. HÖNIGSCHMIED, Arch. f. d. ges. Physiol. X u. XII.
8 SIGM. EXNER, ebendas. VII.
9 BURCKHARDT, Die physiol. Diagnostik der Nervenkrankheiten. Leipzig 1875.

statiren ist, ob bei diesem Versuche wirklich die Netzhaut, oder ob der Nervus opticus, vielleicht auch noch centraler gelegene Antheile des Opticusapparates gereizt wurden. Jedenfalls ist das Resultat wesentlich abhängig davon, ob der Sehnervenapparat auf elektrischem Wege direct gereizt wird, oder ob dieses auf dem normalen Wege durch Lichtwirkung geschieht. Obwohl die Lichtempfindung, welche der Anblick des elektrischen Funkens hervorruft, eine viel intensivere ist, als die bei directer elektrischer Reizung, so ist doch die Reactionszeit für den letzteren Fall bedeutend kürzer als für den ersten.

Es stimmt dies mit den älteren Messungen v. WITTICH's überein, welcher auch die Reactionszeit von Auge zur Hand bei elektrischer Reizung kleiner (0,162 Sec.) fand, als bei Reizung durch das Netzhautbild eines elektrischen Funkens[1] (0,186 Sec.). Bedenkt man, dass die Zeit, welche nöthig ist, damit ein Netzhautbild eine eben merkliche Empfindung hervorbringt[2], von einer Reihe verschiedener Umstände abhängig ist, so wird man sich nicht darüber wundern, dass die Reactionszeit für gewöhnliche optische Reize sehr verschieden ausfallen kann. In der That wird sie von verschiedenen Autoren ziemlich ungleich angegeben. Auch ein Resultat HANKEL's[3] erscheint unter dem obigen Gesichtspunkt nicht mehr ganz räthselhaft. Dieser fand nämlich die Reactionszeit grösser, wenn als Reiz das Netzhautbild eines elektrischen Funkens diente, als wenn das Netzhautbild eines Stückes hellen Himmels verwendet wurde (im ersten Falle 0,2268 und 0,2447, im zweiten Falle 0,2057). Es dürfte hier nämlich die Grösse des Netzhautbildes eine Rolle spielen. Hingegen fand MENDENHALL[4] dieses Verhältniss umgekehrt (für den elektrischen Funken 0,203, für den Anblick einer weissen Karte 0,292 Sec.).

Wesentlich anders gestaltete sich der Versuch, wenn nicht, wie in allen diesen Fällen, ein plötzlich auftretender optischer Eindruck als Reizzeichen dient, sondern wenn, wie dies bei jenen astronomischen Messungen der Fall ist, ein vorauszusehendes Ereigniss als Reiz benützt wird. Hier werden die Resultate von complicirten psychischen Actionen mit beeinflusst werden. HIRSCH[5] hatte z. B. für

1 v. WITTICH, Ztschr. f. rat. Med. XXXI.

2 SIGM. EXNER, Ueber d. zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit. Sitzgsber. d. Wiener Acad. LVIII. 1868.

3 HANKEL, Ann. d. Physik. CXXXII und dasselbe in Ber. d. sächs. Ges. d. Wiss. 1866.

4 MENDENHALL, Time required to communicate impressions to the sensorium and the reverse. Americ. journ. of scienc. II. 1871.

5 HIRSCH, Expériences chronoscopiques. Bull. de la société des sciences naturelles de Neuchâtel. VI. 1862.

die Beobachtung des elektrischen Funkens eine Reactionszeit von 0,1974 und 0,2038 gefunden, während er die minimale Zeit 0,0769 Sec. fand, wenn als optisches Zeichen das Zusammentreffen des umlaufenden Zeigers seines Chronoskopes mit der Verticalen angenommen war. Hier hat man es, wie leicht einzusehen, nicht mehr mit dem zu thun, was wir Reactionszeit nannten, da unter diesen Verhältnissen ein Vorschlagen, d. i. das Abgeben des motorischen Impulses möglich ist, noch ehe der sensible im Sensorium angekommen ist.

Auffallend kann weiter der Umstand gefunden werden, dass die Reactionszeit für eine plötzliche Schallempfindung grösser ist, als die für elektrische Reizung der Finger. Auch hierin stimmt die vorliegende Tabelle mit früheren Versuchen v. WITTICH's (l. c.) (der als Reactionszeit von Hand zu Hand die Werthe 0,153 und 0,166 fand; für Ohr zu Hand aber 0,179 Sec.). Auch aus anderweitigen Versuchen geht dasselbe Resultat hervor.[1]

Was die Hautreize anbelangt, so ist zunächst hervorzuheben, dass die Reactionszeit bei Reizung der Hand kürzer ausfällt, als bei Reizung der Stirnhaut, obwohl letztere dem Centralorgan näher liegt als erstere, ferner dass sie nicht unbedeutend anders ausfällt, je nachdem die Hand, mit welcher reagirt werden soll, das Signal erhält oder die unbeschäftigte Hand. Zu dem ersten Resultate sind frühere Autoren nicht gekommen.[2] Doch ist diesen gegentheiligen Ansichten gegenüber hervorzuheben, dass gerade dieser Versuch eine besondere Vorsicht erheischt, indem hierbei leicht Reizung des Opticusapparates eintritt und es sehr schwer ist zu entscheiden, ob nicht auf diesen optischen Reiz, wenn er auch kaum merklich ist, reagirt wird. (v. VINTSCHGAU und HÖNIGSCHMIED führen ein ähnliches Resultat für Zungenreizung an. Elektrische Reizung der Zunge wird unter gewissen Verhältnissen später signalisirt, als ebensolche Reizung der Hand.) Das zweite Resultat ist unabhängig von der Uebung und der Gewohnheit, wie specielle Versuche lehrten.[3] Jedenfalls geht hieraus hervor, dass Messungen der Nervenleitungsgeschwindigkeit durch Reizung verschiedener Hautpartieen schon aus diesem Grunde mit Vorsicht aufzunehmen sind. Es werden später noch andere Gründe erwähnt werden.

v. WITTICH fand für die Reizung der Stirnhaut 0,1301 Sec., HIRSCH für die des Gesichts 0,111. Bei Berührung desselben statt elektrischer

1 Vergl. die von verschiedenen Personen herrührenden Versuchstabellen bei SIGM. EXNER, Arch. f. d. ges. Physiol. VII; HANKEL (l. c.) kam zu dem entgegengesetzten Resultate.

2 In neuester Zeit wurde dasselbe bestätigt.

3 SIGM. EXNER l. c. S. 622.

Reizung fand MENDENHALL 0,107, bei Berührung der Hand v. WITTICH 0,236, v. VINTSHGAU und HÖNIGSCHMIED zwischen 0,1299 und 0,1790 Sec., ebenso fand v. WITTICH bei Reizung des Fusses 0,256 Sec. HANKEL giebt für die Berührung der Hand nur 0,1546 Sec. an. SCHELSKE reizte elektrisch die Leistengegend und fand 0,178 Sec., während er unter denselben Umständen für den Fuss 0,208 gefunden hatte. Ich fand für den letzten Werth 0,1749. v. VINTSCHGAU und HÖNIGSCHMIED [1] massen die Reactionszeit für Berührung der Zunge und fanden sie bei verschiedenen Individuen zwischen 0,1742 und 0,1211. Endlich ist noch hervorzuheben, dass v. WITTICH [2] sowie v. VINTSCHGAU und HÖNIGSCHMIED [3] auch für Geschmacksempfindungen die Reactionszeiten zu bestimmen unternahmen.

In allen hier angeführten Versuchen wurde die reagirende Bewegung mit der Hand ausgeführt. Es liegen auch Versuche vor, in welchen mit dem Unterkiefer, andere, in welchem mit dem Fusse reagirt wurde. In beiden Fällen diente der Anblick eines elektrischen Funkens als Reiz. Es fand sich als Reactionszeit von Auge zu Unterkiefer 0,1377 und von Auge zu Fuss 0,1840 Sec. Hierher gehören auch Versuche von DONDERS [4], der mit Hülfe des Phonautographen mass, welche Zeit vergeht zwischen dem Ertönen eines bekannten Vocales und der vorher verabredeten möglichst raschen Wiederholung dieses Vocales von Seite eines Anderen. Er fand, dass dieselbe im Mittel 0,201 Sec. betrage.

Nachdem wir die Angaben über die absoluten Grössen der Reactionszeiten der Hauptsache nach kennen gelernt haben, fragen wir nach den Umständen, von welchen die Grösse der Reactionszeit abhängig ist, und zwar der Reactionszeit für einen bestimmten Fall von Sinnesreiz und Bewegung. Dabei mag vorläufig von der Aufmerksamkeit abgesehen sein, d. h. die zu besprechenden Einflüsse haben sich aus Versuchen ergeben, in denen der Experimentator stets in gleicher Weise bestrebt war, so rasch als möglich auf den Sinnesreiz zu reagiren.

Hier ist in erster Reihe die Individualität zu nennen. Verschiedene Menschen haben, wie aus der Thatsache der Persönlichen Gleichung hervorgeht, verschiedene Reactionszeiten und es handelt sich nun darum, zu untersuchen, ob sich Beziehungen zwischen den Eigenschaften des Individuums und seiner Reactionszeit ermitteln lassen. Natürlich sind bei einer derartigen Untersuchung zunächst Gegensätze auf ihre Reactionszeit zu prüfen. Ein 23 Jahre alter, sehr lebhafter

1 v. VINTSCHGAU und HÖNIGSCHMIED, Versuche über die Reactionszeit einer Geschmacksempfindung. 2. Theil. Arch. f. d. ges. Physiol. XII. 1876.
2 v. WITTICH, Ztschr. f. rat. Med. XXXI.
3 v. VINTSCHGAU und HÖNIGSCHMIED, Arch. f. d. ges. Physiol. X. XII. XIV.
4 DONDERS, Schnelligkeit psychischer Processe. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868.

etwas hastiger, mit Begeisterung an die Sache gehender junger Mann wurde zunächst mit einem 77 jährigen Greis aus dem Versorgungshause verglichen. Es ward die Reactionszeit von Hand (elektrische Reizung) zu Hand als Norm genommen. Wie zu erwarten war, fiel die Reactionszeit für den jungen Mann viel kürzer aus: 0,3311 Sec. während sie beim alten Mann 0,9952 Sec. betrug. Auffallender war es schon, dass ein anderes Individuum von 26 Jahren, welches viel weniger lebhaft war, als jener junge Mann eine viel geringere Reactionszeit wie dieser aufwies, nämlich 0,1337 Sec. Ja es hatte der erstgenannte junge Mann, obwohl er der lebhafteste von einer ganzen Reihe junger Leute war, die bei weitem grösste Reactionszeit. Andererseits wurden zwei Individuen nur deshalb gebeten, die Versuche zu machen, weil sie die stillsten — im gewöhnlichen Leben phlegmatisch genannten — überlegtesten und in den Bewegungen langsamsten waren, welche unter den disponiblen jungen Leuten überhaupt zu finden waren. Von diesen hatte einer eine mittelgrosse, der andere eine ganz auffallend kleine Reactionszeit (0,1295 Sec.). Individuen von weniger auffallenden Eigenthümlichkeiten hatten eine Reactionszeit, welche zwischen den beiden Extremen, von denen eben die Rede war, in der Mitte lag. Jene, welche für die genannte Reizungsart eine grosse, jene, welche eine kleine Reactionszeit haben, zeigen dieselbe Eigenthümlichkeit, wenn andere Reizungsarten angewendet werden. Es wurden an derselben Reihe von Menschen Versuche über kleinste Differenz zwischen Auge und Ohr angestellt[1], wobei sich gezeigt hat, dass die, welche eine kleine Reactionszeit haben, auch die Zeitunterschiede von Sinnesreizen am genauesten beurtheilen. Aus beiden Arten von Versuchsreihen schien hervorzugehen, dass diejenigen Individuen das Minimum der Reactionszeit und der kleinsten Differenz erreichen, welche am meisten gewöhnt sind, ihre Aufmerksamkeit auf einen Gegenstand zu concentriren, und nur ruhige, entschiedene und bewusste Bewegungen auszuführen. Individuen, welche gewohnt sind, ungehemmt ihre Vorstellungen ablaufen zu lassen, haben relativ grosse Reactionszeiten. Natürlich sind über diesen Punkt noch weitere Messungen nöthig, da das genannte Resultat nur aus wenigen Versuchsreihen erschlossen ist, vorläufig also mit Reserve aufgenommen werden muss.

Ein weiterer Umstand, von dem c. p. die Reactionszeit abhängig ist, ist die Uebung. Jedermann zeigt bei den ersten diesbezüglichen

---

1 Sigm. Exner, Experim. Unters. d. einfachsten psychischen Processe. Arch. f. d. ges. Physiol. XI.

Versuchen eine längere Reactionszeit, als bei den späteren, so dass die Behauptung des Astronomen WOLF gerechtfertigt erscheint, man könne durch Uebung an einem Apparate seinen persönlichen Fehler (seine Versuche sind nicht ganz identisch mit den in Rede stehenden) auf ein gewisses Minimum reduciren. Unter eine gewisse Gränze kann natürlich die Reactionszeit auch durch Uebung nicht gebracht werden. Am auffallendsten war der Erfolg der Uebung bei jenem oben erwähnten Greise. Wie gesagt war seine Reactionszeit 0,9952 Sec. Diese Zahl bezieht sich auf die ersten Versuchsreihen, die an ihm angestellt wurden (musste also oben, wo es sich um den Vergleich mit den ersten Versuchen anderer Individuen handelte, angeführt werden). Im Laufe von mehr als einem halben Jahre wurde dieser Mann zu Reactionsversuchen verwendet und die folgende Tabelle zeigt, wie sehr seine Reactionszeit durch die Uebung abgenommen hat.

Datum	Reactionszeit von Hand zu Hand
21. Juni 1872	0,9952 Sec.
1. Juli 1872	0,3576 „
9. Januar 1873 . . .	0,1866 „

Einen der Uebung entgegengesetzten Einfluss auf die Reactionszeit hat die Ermüdung. Die Versuche sind anstrengend und in Folge davon ist zu beobachten, dass, wenn dieselben über eine gewisse Zeit fortgesetzt werden, die Reactionszeiten wachsen.

Weiter ist die Grösse der Reactionszeit abhängig von der Intensität des Reizes. Erstere nimmt ab mit Zunahme der letzteren. Aber nicht nur die Reactionszeit, sondern auch die Sicherheit, mit welcher reagirt wird, ist abhängig von der Reizintensität und diese nimmt mit letzterer zu. Da von den Schwankungen der Werthe in den einzelnen Versuchen noch nicht die Rede war, so möge hier eine Tabelle folgen, aus welcher die Abnahme der Reactionszeit und des mittleren Fehlers bei steigendem Reize ersichtlich ist.[1] Reagirt wurde mit der Hand, als Reiz diente der Anblick eines elektrischen Funkens; die beiden Knöpfe, zwischen welchen er übersprang, wurden gegeneinander verschoben und dadurch die Grösse des Funkens verändert.

1 Jede der angegebenen Reactionszeiten ist ein Mittel aus mehreren Einzelresultaten und der mittlere Fehler gibt das Mittel der Differenzen an, welche zwischen den Einzelresultaten und ihrem Mittel herrschen, wobei diese Differenzen natürlich sämmtlich positiv genommen sind.



Funken-länge	Reactionszeit	Mittlerer Fehler
0,5 mm.	0,1581 Sec.	0,0125
1 „	0,1502 „	0,0122
2 „	0,1479 „	0,0084
3 „	0,1483 „	0,0056
5 „	0,1384 „	0,0097
7 „	0,1229 „	0,0004

Auch v. Wittich[1] war bei Versuchen mit elektrischer Reizung der Haut zu demselben Resultate gekommen, und weist, gewiss mit vollem Rechte, darauf hin, wie sehr durch diese Thatsache die Messungen der Nervenleitungsgeschwindigkeit erschwert werden, welche auf Reactionsversuchen beruhen. Kries und Auerbach[2] kamen in Bezug auf die Abhängigkeit der Reactionszeit von der Reizintensität auch zur gleichen Anschauung, ebenso v. Vintschgau und Hönigschmied[3], welche überdies die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass bei gleichem elektrischen Reize die Reactionszeit kleiner ist, wenn zwei Finger von demselben getroffen werden, als wenn nur einer getroffen wird. Es würde dies darauf hindeuten, dass (analog dem oben erwähnten Falle mit dem optischen Eindrucke) mit wachsender Zahl der erregten Nervenenden die Reactionszeit abnimmt.[4]

Aus Untersuchungen, welche v. Vintschgau in Gemeinschaft mit Dietl[5] angestellt hat, geht hervor, dass die Reactionszeit an kalten Wintertagen um mehrere Hunderttheile einer Secunde kleiner ist als an heissen Sommertagen. Auch haben diese beiden Beobachter gefunden, dass nach einem deprimirenden psychischen Affect (eine traurige Nachricht) die Reactionszeit 1—2 Tage lang verlängert ist (um 0,011—0,027 Sec.). Hingegen glauben dieselben angeben zu können, dass die Reactionszeit kurz nach geistiger oder körperlicher Arbeit verkleinert ist.

Endlich ist hervorzuheben, dass Versuche darüber vorliegen, ob durch Intoxication die Reactionszeit beeinflusst werde. Zwei

1 v. Wittich, Ztschr. f. rat. Med. XXXI. S. 102.

2 Kries u. Auerbach, Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abthlg. 1877.

3 v. Vintschgau u. Hönigschmied, Arch. f. d. ges. Physiol. XII.

4 Durch die bedeutende Aenderung des elektrischen Widerstandes, welche dadurch gesetzt wird, dass statt eines Fingers zwei den Kreis schliessen, ist der Versuch vorläufig nicht ganz durchsichtig. Doch ist das Resultat, wie aus anderweitigen Versuchen hervorgeht, wohl als richtig anzunehmen.

5 v. Vintschgau u. Dietl, Verhalten der physiol. Reactionszeit unter d. Einfluss von Morphium, Caffee und Wein. Arch. f. d. ges. Physiol. XVI.

Flaschen Rheinweines bewirkten, dass die Reactionszeit (von Auge zu Hand) von 0,1904 Sec. auf 0,2969 Sec. steigen kann. Dabei hat der Experimentirende das Gefühl schneller zu reagiren als gewöhnlich. Sein mittlerer Fehler steigt von 0,0127 auf 0,0294 Secunden. Seine Reactionsbewegungen sind, ohne dass er es weiss, sehr heftig. v. VINTSCHGAU und DIETL[1] fanden, indem sie diesen Versuch mehrfach wiederholten, dass bei Genuss einer geringeren Quantität oder bei langsamerem Trinken die Reactionszeit für eine gewisse Dauer abnimmt.

Nach Kaffeegenuss nimmt die Reactionszeit ebenfalls ab. Diese Abnahme beginnt circa 20—25 Minuten nach der Einnahme und war noch nach 2 Stunden zu beobachten. Subcutane Morphiuminjectionen verlängern im Laufe der ersten 30—40 Minuten die Reactionszeit, später nimmt dieselbe wieder ihre normale Grösse an.

Ueber die Rolle, welche die Aufmerksamkeit bei diesen Versuchen spielt, wird in dem von dieser handelnden Abschnitt die Rede sein. Erwähnt mag noch werden, dass Reactionszeiten auch bei Kranken und zwar bei Nerven- und Geisteskranken untersucht wurden. Sie fanden sich da im allgemeinen grösser als bei Gesunden.[2]

Analyse der Reactionszeit. Es fragt sich nun auf was für physiologische Acte die Reactionszeit verwendet wird. Dieselben sind bei verschiedener Reizweise verschieden, doch sind folgende möglich: 1) die Verarbeitung des Reizes im Sinnesorgane zur Nervenerregung; 2) centripetale Leitung im peripheren Nerven; 3) centripetale Leitung im Rückenmark; 4) Umsetzung des Empfindungsimpulses in den motorischen Impuls; 5) centrifugale Leitung im Rückenmarke; 6) centrifugale Leitung im motorischen Nerven; 7) Auslösung der Muskelbewegung.

Was den ersten Punkt anbelangt, so fällt die Zeit zur Umsetzung des Reizes in Nervenerregung bei elektrischer Reizung so viel man weiss ganz weg, sie ist aber nicht unbedeutend bei Reizung der Netzhaut durch Licht[3]) und bei Reizung des Hörnerven durch einen musikalischen Ton. In beiden Fällen hat sie eine deutlich messbare Grösse, denn in beiden Fällen muss der Reiz eine gewisse Zeit lang eingewirkt haben, wenn überhaupt eine merkliche Erregung entstehen soll.[4]

1 v. VINTSCHGAU u. DIETL, Verhalten etc. Arch. f. Anat. u. Physiol. XVI.

2 Verlangsamte motorische Leitung von LEIDEN u. v. WITTICH, Arch. f. pathol. Anat. 1869 u. 1872. Ferner OBERSTEINER, Ueber eine neue einfache Methode zur Bestimmung d. psych. Leistungsfähigkeit etc. Ebenda LIX und BURCKHARDT, Physiolog. Diagnostik der Nervenkrankheiten. Leipzig 1875.

3 Von nicht zu grosser Intensität.

4 Vergl. SIGM. EXNER, Ueber die zu einer Gesichtswahrnehmung nöthige Zeit.

Die sensible Leitung in den peripheren Nerven ist von einer Reihe von Autoren gemessen worden. Es geschah dies dadurch, dass die Reactionszeit für Hautstellen, die verschieden weit vom Centralorgane entfernt lagen, z. B. Leistengegend und Fuss, ermittelt und die Differenz dieser Zeiten als Ausdruck der durch die Leitung verlorenen Zeit betrachtet wurde. Auf diese Weise fand man Werthe für die Nervenleitungsgeschwindigkeit, welche von 20—30 Meter per Secunde anfangend, sich bis gegen 100 Meter erstrecken. Erwägt man, wie vielen Fehlerquellen diese Art der Messung sensibler Nervenleitung dadurch ausgesetzt ist, dass die Reactionszeit abhängig ist von der Intensität des Reizes — so dass, sollen die Versuche richtig sein, gleich grosse Reize wohl auch auf gleich empfindliche Stellen wirken sollen —, erwägt man, dass wiederholt für die Gesichtshaut und die Handwurzel [1] eine längere Reactionszeit gefunden wurde, als für Reizung der Hand, dass endlich bei den meisten dieser Messungen vorausgesetzt wurde, dass die Erregung sich im Rückenmarke so schnell fortpflanzt wie im peripheren Nerven, so wird man auf diese Messungsresultate kein grosses Vertrauen haben. Andererseits liegen uns vollkommen vorwurfsfreie Messungen für die peripheren motorischen Nerven des lebenden Menschen von Helmholtz und Baxt [2] vor. Wir sind also hier vor die Alternative gestellt, wollen wir, wenn es sich darum handelt, einen approximativen Werth für die sensible Leitung anzunehmen, uns denjenigen durch Reactionsversuche gefundenen Werth aussuchen, der noch am verlässlichsten erscheint, oder wollen wir den Werth für die motorische Leitung auch für die sensible annehmen? Bedenken wir, dass wir bisher nicht eine anatomische oder physiologische Differenz zwischen einer sensiblen und einer motorischen Nervenfaser kennen, so werden wir letzteres wohl vorziehen, umsomehr, als die motorische Leitungsgeschwindigkeit bei den gewöhnlichen Zimmertemperaturen (sie ist verschieden bei verschiedener Temperatur) ziemlich in die Mitte der oben angeführten Werthe fällt.[3]

Wir setzen die sensible Leitung natürlich indem wir uns bewusst bleiben nur durch Wahrscheinlichkeiten geleitet worden zu sein gleich der motorischen und zwar zu 62 Meter i. d. Sec.

Wir müssten uns noch weiter in das Gebiet der Wahrscheinlichkeiten hineinwagen, wollten wir mit Zugrundelegung dieses Werthes für die periphere Nervenleitung die sensible und die motorische Rückenmarksleitung aus den Reactionsversuchen berechnen. Wir müssten da nämlich voraussetzen, dass die Leitung im Rückenmark mit gleichförmiger Geschwindigkeit geschieht, dass die Erregung beim Eintritt

---

Sitzgsber. d. Wiener Acad. LVIII und Zur Lehre von den Gehörsempfindungen. Arch. f. d ges. Physiol. XIII.

1 Kries und Auerbach, Zeitdauer einfachster psychischer Vorgänge. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1877. S. 313 und Bloch, Arch. de physiol. norm. et pathol. 1875.

2 Helmholtz und Baxt, Berliner Acad. d. Wiss. März 1870.

3 Auch Donders spricht sich in diesem Sinne für den Werth der directen Messungen von Helmholtz und Baxt aus. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868. S. 662.

und beim Austritt in das Rückenmark keine Verzögerung erhält, oder dass doch solche Verzögerungen [1] für die zur Messung verwendeten sensiblen Bahnen gleich gross sind, ebenso bei den motorischen, ferner dass der sogenannte Willensact bei Reizung verschiedener Hautstellen gleiche Zeit beansprucht. Wir würden dann finden, dass die Rückenmarksleitung um vieles langsamer ist als die periphere, dass die sensible Rückenmarksleitung circa 8 Meter in der Secunde, die motorische 11—12 Meter zu setzen ist.[2] Endlich würde bei Vernachlässigung der zur Umsetzung der Nervenerregung in Muskelcontraction nöthigen Zeit sich auf diese Weise durch Subtraction der durch die Leitung verlorenen Zeit die Dauer bestimmen lassen, die erforderlich ist, den im Centrum angelangten sensibeln Reiz zu einem centralen motorischen Impuls umzugestalten. Diese „reducirte Reactionszeit" betrüge z. B. 0,0828 Sec. für einen speciellen Fall, in dem die Reactionszeit von Hand zu Hand 0,1337 Sec. beträgt. Sie ist also nicht viel grösser als die am Menschen für gewisse Fälle gefundene reducirte „Reflexzeit" deren kleinster Werth 0,0471 Sec. beträgt.[3]

Die Zeitschätzung. Man darf sich nicht vorstellen, dass bei den Reactionsversuchen der Experimentirende die Zeitpause, welche zwischen Reiz und Reaction eintritt, übersieht; er ist sich derselben vielmehr sehr genau bewusst, und schätzt sie mit grosser Correctheit. Man ist bei diesen Versuchen nicht so weit Herr seiner Muskeln, dass man die Bewegung wirklich immer in dem Momente, in dem man sie intendirt, ausführt. Oft bleibt sie ganz aus, oft kommt sie zu spät, oft auch ehe der Reiz da war. Ist sie einmal abgegeben, so wird der Moment dieser Abgabe im Verhältniss zu dem Momente des Reizes mit der erwähnten Correctheit beurtheilt. (In den Versuchsreihen werden deshalb ziemlich allgemein nur die Reactionen berücksichtigt, von denen der Experimentirende aussagt, sie seien so geschwind als ihm möglich ausgeführt.)

Als Beispiel für die Genauigkeit, mit welcher die Reactionszeit geschätzt wird, mag folgender Versuch angeführt werden. Bei 39 Reactionen von Auge (elektr. Funken angeblickt) zu Fuss ergab sich

---

1 Solche Verzögerungen sind für die motorische Leitung im Rückenmark des Frosches nachgewiesen. Vergl. SIGM. EXNER, Experim. Untersuch. der einfachsten psych. Processe. 2. Abhdlg. Arch. f. d. ges. Physiol. VIII und: In welcher Weise tritt die negat. Schwankung durch das Spinalganglion? Arch f. Anat. u. Physiol. 1877. S. 570 Anm.

2 Es stimmen hierzu ziemlich gut die natürlich gleichen Einwänden ausgesetzten Messungen, welche FRANÇOIS-FRANCK u. PITRES (Gaz. hebd. 1878) am Hunde ausgeführt haben. Sie fanden seine motorische Rückenmarksleitung 10 M.

3 SIGM. EXNER, Experim. Untersuchungen d. einfachsten psychischen Processe. 2. Abhdlg. Arch. f. d. ges. Physiol. VIII.

im Mittel die Reactionszeit 0,1840 Sec. Mit Ausnahme eines Falles wurde die Reaction als „zu langsam“ bezeichnet, wenn mehr als 0,1994 Sec., und ebenso mit Ausnahme eines Falles als „sehr gut“ (nicht wie gewöhnlich „gut“) bezeichnet, wenn weniger als 0,1781 Sec. gebraucht wurden. Es wurde also ungefähr auf 0,01 Sec. genau geschätzt.

Führt man Versuche aus, welche den astronomischen Bestimmungen analog sind, bei welchen der Durchtritt eines Sternes durch den Faden des Fernrohres mit einer Handbewegung — gewöhnlich durch Niederdrücken einer elektrischen Taste — signalisirt wird, so ersieht man, dass hierbei viel grössere Fehler in der Zeitabschätzung gemacht werden, als bei den bisher beschriebenen Versuchen, bei welchen ein plötzlicher Reiz als Signal zur Handbewegung dient. Freilich kann, wenn man den Moment, in welchem die Bewegung eintreten soll, herannahen sieht, wirklich ohne Verzögerung reagirt werden, es muss dann nur der motorische Impuls um die Leitungsdauer früher abgegeben werden. Die Schätzung dieser Leitungsdauer ist nur sehr unsicher, doch kann hier offenbar die Uebung verhältnissmässig viel leisten. Eine ähnliche Unsicherheit legt man an den Tag, wenn man sich bestrebt, mit rhythmisch wiederkehrenden Sinneseindrücken isochron zu reagiren. Auch hier betragen die Schwankungen des Reactionsmomentes oft mehrere Zehntheile von Secunden.

Es mag hier erwähnt werden, dass Vierordt[1] auf ganz anderem Wege, indem er nämlich versuchte ein gehörtes Intervall zwischen zwei Geräuschempfindungen in gleicher Grösse wiederzugeben, zu dem interessanten Resultate kam, dass wir kleine Zeiten überschätzen und grosse Zeiten unterschätzen. Das Minimum des Schätzungsfehlers (gemessen in Procenten des Zeitintervalles) ist bei 1—1,5 Sec. wenn die Zeitangabe sogleich nachdem das Intervall gehört wurde, geschieht. Vierordt und sein Schüler Röhring[2] haben diese Untersuchungen auch auf complicirtere Taktangaben ausgedehnt. Es wurde das Unterscheidungsvermögen für Gruppen derartiger Zeitintervalle geprüft. Auch Contrastempfindungen spielen in der Zeitschätzung eine Rolle: hören wir z. B. eine grössere Reihe kurzer Taktschläge, so kommt uns ein langes Intervall auffallend lang vor.[3]

---

1 Vierordt, Der Zeitsinn. Tübingen 1868.

2 Röhring, Versuche über das Unterscheidungsvermögen d. Hörsinnes für Zeitgrössen. Tübingen 1864.

3 Vierordt l. c. S. 164; vergl. auch Joh. Czermak, Ideen zu einer Lehre vom Zeitsinn. Sitzgsber. d. Wiener Acad. 1857 und J. Moleschott, Untersuchungen zur Naturlehre etc. V.

Die Methoden, nach welchen die Untersuchungen über Reactionszeit und kleinste Differenz ausgeführt wurden, können hier nur im Principe angegeben werden. Sie lassen sich in zwei Gruppen theilen.

Die erste Gruppe beruht auf der Verwendung eines sehr correcten Uhrwerkes (z. B. des Hipp'schen Chronoskopes), welches an einem Zeiger die Ablesung sehr kleiner Zeittheilchen gestattet. Während das Uhrwerk gleichmässig abläuft, kann durch eine mechanische Vorrichtung der erst ruhende Zeiger plötzlich mit demselben in Verbindung gebracht, und ebenso plötzlich kann er wieder arretirt werden. Gewöhnlich geschieht dies auf elektromagnetischem Wege. Denken wir uns, dass die Auslösung des Zeigers gleichzeitig mit dem Ueberspringen eines elektrischen Funkens geschieht, so kann dieser als Reiz benutzt werden, auf welchen durch Druck auf eine Taste reagirt werden soll, welche Taste nun wieder auf elektrischem Wege die Arretirung des Zeigers bewirkt. Man kann dann am Zifferblatt unmittelbar ablesen, wie viel Zeit zwischen dem Aufblitzen des Funkens und dem Niederdrücken der Taste vergangen ist. Natürlich muss man hierbei die Wirkungsweise der Elektromagneten kennen und die auf die Magnetisirung und Entmagnetisirung derselben verwendete Zeit in Abrechnung bringen. Aehnlich wie hier der elektrische Funken können andere Sinnesreize im Momente der Desarretirung des Zeigers ausgelöst werden.

Die zweite Gruppe von Versuchsanordnungen beruht auf der graphischen Methode. Man denke sich eine berusste rotirende Scheibe an deren Peripherie eine Nadel angebracht ist, die bei einer gewissen Stellung der Scheibe in ein Quecksilbernäpfchen eintaucht. Nadel und Quecksilbernäpfchen sind leicht so abzupassen und mit einer elektrischen Batterie zu verbinden, dass, wenn die Scheibe sich in Rotation befindet, der Strom dieser Batterie während der sehr kurzen Zeit des Eintauchens geschlossen ist. Geht dieser Strom durch die primäre Rolle eines Schlitteninductoriums und führen die beiden Enden der secundären Rolle zu auf die Haut aufgesetzten Elektroden, so erhält das betreffende Individuum in dem Momente zwei Inductionsschläge, in welchem die Nadel in das Näpfchen ein- und wieder austaucht. Man richtet die Intensitäten so ein, dass nur der stärker wirksame Oeffnungsschlag überhaupt empfunden wird, macht aber aus Vorsicht doch das Intervall zwischen beiden Schlägen so klein, dass, selbst wenn der Schliessungsschlag schon empfunden würde, ein merklicher Fehler nicht daraus entspringen könnte. Das Individuum hat nun die Aufgabe, einen Stift, der auf der berussten Scheibe

schreibt, niederzudrücken, sobald es den Inductionsschlag empfindet. Die Winkel-Differenz zwischen der Stellung der Scheibe, bei welcher die Nadel in das Quecksilber tauchte, und der Stellung, bei welcher der Schreibstift begann sich zu senken (oder je nach der Vorrichtung auch zu heben) giebt, zusammengehalten mit der Rotationsgeschwindigkeit der Scheibe, die Reactionszeit an. Es ist dabei unwesentlich, ob man statt der rotirenden Scheibe einen rotirenden Cylinder verwendet, ob man das Signal auf der Scheibe durch blosse Hebelverbindungen oder auf elektromagnetischem Wege verzeichnet, ob die Nadel an der Scheibe selbst angebracht ist oder der Moment, in welchem auf andere Weise der Contact hergestellt wird auf der Scheibe gezeichnet wird u. s. w.

Sollen die Versuche zu guten Resultaten führen, die nur dann zu erreichen sind, wenn der Grad der Aufmerksamkeit in den einzelnen Versuchen nicht zu sehr differirt, so muss man mit der Anstrengung der Aufmerksamkeit sparsam sein. Die Versuche werden also gewöhnlich so angestellt, dass ein Gehülfe einige Secunden vorher den Reiz ankündigt, dann einen Contact herstellt an dem bis dahin noch, abgesehen von dem Quecksilbernäpfchen, der Stromkreis unterbrochen war. Wenn jetzt die Nadel in das Näpfchen eintaucht, findet der Inductionsschlag den Experimentirenden in vorbereitetem Zustande.

Sowie hier die Tastempfindung, so können auch bei dieser Art der Versuchsanordnung andere Sinnesempfindungen gerade in dem Momente ausgelöst werden, in dem die Scheibe eine bekannte und bestimmte Stellung einnimmt.

Für die Zwecke des praktischen Arztes ist noch ein zwar weniger genauer aber dafür sehr einfacher Apparat, das Neuramöbimeter (αμοιβή Antwort, Umsatz) angegeben worden.[1] Er besteht im Wesentlichen aus einer in einem Scharnier beweglichen metallischen Feder, welche ihre Schwingungen auf einer berussten Glasplatte zeichnet. Die Feder kann durch einen Druck von der Glasplatte abgehoben werden. Indem nun der Untersuchende die auf einem Schlitten liegende Glasplatte mit der Hand schiebt, schlägt die gespannte Feder los. Der Untersuchte hat den Auftrag, sobald er das Losschlagen der Feder gewahrt, mit der schon früher aufgelegten Hand dieselbe von der Glasplatte abzuheben. Die Anzahl der Schwingungen, welche die Feder vom Moment des Losschlagens bis zu dem Momente, in

---

1 Beschrieben von Sigm. Exner, Experim. Untersuchungen d. einfachsten psychischen Processe. 1. Abh. Arch. f. d. ges. Physiol. VIII und H. Obersteiner, Arch. f. pathol. Anat. LIX. S. 427.

welchem sie abgehoben wurde, zu zeichnen Zeit hatte, giebt nun die Reactionszeit an, und zwar, da die Feder hundert Schwingungen in der Secunde macht, gleich in Hunderttheilen von Secunden. Es lassen sich natürlich noch Tausendstel von Secunden schätzen.

IV. Vorstellungs-, Unterscheidungs- und Willenszeit.

Baxt[1] hat unter Leitung von Helmholtz Versuche darüber angestellt, wie lange ein Bild im optischen Apparat des Auges wirken muss, wenn es zu einer richtigen Vorstellung führen soll.

Da bei den kurzen Zeiträumen, mit denen man es hier zu thun hat, das positive Nachbild bei der Perception wesentlich mit betheiligt wäre, so muss dasselbe bei diesen Messungen weggeschafft werden; es geschieht dies dadurch, dass das Netzhautbild des zu erkennenden Objectes im Moment seines Verschwindens durch das eines sehr intensiven gleichförmig hellen Feldes ersetzt wird. Die Zeitdauer, während welcher unter diesen Umständen das Netzhautbild eines Objectes auf der Netzhaut ruhen muss, damit eine Vorstellung von diesem Objecte zu Stande kommen kann, wollen wir Vorstellungszeit nennen. Es soll damit aber nicht gesagt sein, dass dies die Zeit ist, welche zur Entwickelung der Vorstellung dieses Objectes nöthig ist, von dieser Zeit erfahren wir vielmehr durch die vorliegenden Versuche nichts.

Baxt experimentirte an Buchstaben, Schriftproben und Abbildungen mehr oder weniger complicirter Curven (Lissajou'schen Schwingungscurven) und fand, dass die Vorstellungszeit um so grösser ist, je complicirter das Object ist, das erkannt werden sollte, und dass dieselbe innerhalb gewisser Grenzen unabhängig ist von der Intensität des Netzhautbildes. Grössere Objecte werden in kürzerer Zeit erkannt als kleinere.

Aehnliche Versuche, nur unter viel complicirteren Bedingungen, deshalb weniger zu einem Schluss berechtigend, hatte schon früher Sagot[2] angestellt.

Versuche anderer Art wurden von Donders und seinen Schülern[3], sowie in neuester Zeit gemeinschaftlich von Kries und Auer-

1 Helmholtz in den Monatsber. d. Berliner Acad. Juni 1871 und Baxt, Ueber die Zeit, welche nöthig ist, damit ein Gesichtseindruck zum Bewusstsein kommt, und über die Grösse der bewussten Wahrnehmung bei einem Gesichtseindruck von gegebener Dauer. Arch. f. d. ges. Physiol. IV.

2 Sagot, Quelques recherches sur la rapidité des sensations et la promptitude des opérations de l'esprit. Nach Canstatt's Jahresber. f. Physiol. (Lit. 1853.) S. 222.

3 de Jaager, Over den physiologischen tyd der psychische processen. Inaug.-Dissert. Utrecht 1865; Donders, Schnelligkeit psychischer Processe. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868.

bach[1] ausgeführt. Hier wurde, ähnlich wie dies bei den Versuchen über Reactionszeit der Fall ist, auf Reize mit einer Bewegung geantwortet. Nur war nicht wie bei jenen Versuchen ein bestimmter Reiz, sondern es waren unregelmässig abwechselnd verschiedene Reize, welche auf den Experimentirenden wirkten, und auf nur einen derselben durfte reagirt werden. So hatte Donders folgenden Versuch ersonnen: Zwei Individuen sitzen am Phonautographen, das erste ruft in denselben verschiedene Vocale hinein, das zweite hat die Aufgabe, wenn es den Vocal i hört, so schnell als möglich auch in den Apparat hineinzurufen und zwar denselben Vocal. Aus den Aufschreibungen des Apparates konnte dann die Zeit ersehen werden, welche zwischen dem Beginn des ersten und des zweiten Vocal verging. Er fand, dass dieselbe 0,237 Sec. betrug. Da die Reactionszeit in derselben Weise gemessen, d. i. also die Zeit, welche zwischen dem Ertönen eines vorher verabredeten Vocales und dem Ertönen der gleichlautenden Antwort vergeht, nur 0,201 Sec. betrug, so war durch die Complicirung des Versuches eine Verlängerung von 0,036 Sec. eingetreten. Was bedeuten diese 0,036 Sec.? Es ist gesagt worden, sie geben die Zeit an, welche zur Fällung des Urtheiles über die Art des Vocales benöthigt wird. Man versetze sich einen Augenblick in den Zustand des Experimentirenden. Es handle sich zunächst um eine einfache Reactionszeit. Die ganze Aufmerksamkeit ist auf das zu erwartende Ereigniss gerichtet, in unserem Falle den Vocal i. Alles ist vorbereitet, um sogleich die Muskelaction auszuführen. Es ist durch den Willen alles so weit vorbereitet, dass, erfolgt das erwartete Signal, der ganze Process, so zu sagen unwillkürlich abläuft.[2] Wie auch Donders erwähnt, bricht derselbe auf jeden heftigeren Sinnesreiz los, doch ist das Sensorium für den erwarteten Reiz gleichsam empfindlicher, für alle anderen unterempfindlich. Vergleichen wir mit diesem Zustand denjenigen, der im vorliegenden Versuche statthat, wo zwischen den Sinnesreizen gewählt werden soll, wo z. B. nicht auf a, nicht auf o etc., wohl aber auf i geantwortet werden soll. Auch hier ist die ganze Aufmerksamkeit auf den verabredeten Reiz gerichtet, für die anderen Reize — hier die anderen Vocale — ist das Sensorium unempfindlicher. Die Zustände sind also ziemlich ähnlich und unterscheiden sich mit dadurch, dass im zweiten Versuche, da starke Sinnesreize zu erwarten sind, die obendrein densel-

---

1 Kries und Auerbach, Die Zeitdauer einfachster psych. Vorgänge. Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1877.

2 Es soll hiervon unten gelegentlich der „Aufmerksamkeit" ausführlicher gehandelt werden.

ben Sinnesapparat treffen, wie der auf den reagirt werden soll, jener Zustand im Centralorgan, der den ganzen Process unwillkürlich ablaufen lässt, weniger stark ausgebildet ist. Der Experimentirende ist vorsichtiger, denn wenn er sich ebenso intensiv vorbereitet wie bei der einfachen Reaction, so läuft er Gefahr, dass auch jetzt wie dort, der unrechte Sinnesreiz jene Processe auslöst, wie dies auch häufig wirklich geschieht. Die langsamere Reaction ist also ein Ausdruck der Vorsicht, welche der Experimentirende anwendet. Da durch diese Vorsicht ermöglicht wird, dass mit ziemlicher Genauigkeit nur auf den einen Reiz geantwortet wird, so kann man diese Zeit wohl Unterscheidungszeit nennen, da dieselbe benöthigt wird, wenn der Sinnesreiz richtig unterschieden werden soll. Doch hat man nie zu vergessen, dass die Sinnesreize zwischen welchen unterschieden wird, in ganz ungleichem Verhältnisse zum Sensorium stehen, auf den einen ist es vorbereitet und auf das Höchste gespannt und für die anderen gleichsam verschlossen. Es ist dies also kein Urtheil, das den Urtheilen des gewöhnlichen Lebens gleichstünde.

Jene 0,036 Sec. bedeuten also den Zuwachs, welchen die Reactionszeit bekommen muss, wenn der Reiz richtig unterschieden werden soll. Diesen Zuwachs wollen wir Unterscheidungszeit nennen.

Es hat schon vor mehreren Jahren MENDENHALL[1] derartige Versuche angestellt und ist zu auffallend grossen Zahlen für die Unterscheidungszeit gekommen. In neuester Zeit ist von KRIES und AUERBACH[2] eine grosse Reihe derartiger Versuche ausgeführt worden.

Im Folgenden eine Tabelle dieser Autoren, in welcher die Unterscheidungszeiten ihrer Grösse nach geordnet sind:

Optische Richtungslocalisation	0,011 Sec.
Farbenunterscheidung	0,012 „
Gehörslocalisation (kleinster Werth)	0,015 „
Unterscheidung einfacher Töne (höherer Ton)	0,019 „
Localisation der Tastempfindungen	0,021 „
Optische Entfernungslocalisation	0,022 „
Unterscheidung von Ton und Geräusch	0,022 „
Beurtheilung der Intensität von Tastreizen (bei starkem Reiz)	0,023 „
Unterscheidung einfacher Töne (tieferer Ton)	0,034 „
Erkennen der schwachen Tastreize	0,053 „
Gehörslocalisation (grösster Werth)	0,062 „

Der kleinste gefundene Werth, der für die optische Richtungslocalisation, bezieht sich auf Versuche, bei welchen elektrische Funken übersprangen. Die Entfernung der beiden Funkenstellen entsprach

1 MENDENHALL, Amer. journ. of scienc. and arts. II. p. 156. 1871.
2 KRIES und AUERBACH, Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1877.

einem Gesichtswinkel von etwa 10°. Es musste entschieden werden, welcher Funke zuerst übersprang.

Die Gehörslocalisation ist in ähnlicher Weise geprüft; es sprangen von dem Beobachter einmal rechts von seiner Medianebene, andere Male links von derselben Funken über, und es sollte am Knistern derselben erkannt werden, welcher Fall eingetreten war. Dabei zeigte es sich, dass die Unterscheidungszeit mit der wachsenden Entfernung der Funken von einander abnahm. Für die Unterscheidung der Töne sind verschiedene Werthe gefunden worden, wenn verschieden hohe Töne in Anwendung kamen. Es hängt dies damit zusammen, dass hohe Töne in kürzerer Zeit die mitschwingenden Fasern im Cortischen Organ bis zu dem Grad der Schwingungselongation bringen, bei welchem Nervenerregung stattfindet, als tiefere.[1] Sollte zwischen starken und schwachen Hautreizen unterschieden werden, so fiel, wie nach dem oben auseinandergesetzten zu erwarten war, die Zeit kürzer aus, wenn auf den starken Reiz reagirt werden sollte, als wenn der schwächere als Reactionssignal diente.

Man kann nun auch diese Versuche so ausführen, dass mehr als zwei Reize wirken, und doch nur auf einen bestimmten reagirt werden darf. Unter diesen Verhältnissen ist die Zeit zu Anfang der Versuche grösser, nähert sich aber durch Uebung den Werthen, welche bei Unterscheidung von nur zwei Reizen gefunden werden. Ueberhaupt spielt die Uebung bei der Unterscheidungszeit eine grössere Rolle als bei einfachen Reactionen.

Donders[2] hat weiterhin noch folgende Versuchsweise ausgeführt. Zwei elektrische Reize treffen in unregelmässiger Abwechslung den einen und den anderen Fuss. Der Experimentirende hat die Aufgabe, jedesmal mit der Hand derselben Seite zu reagiren. Es liegt diesem Versuche folgender Gedanke zu Grunde. Die Unterscheidungszeit für die beiden Reize kennen wir schon, das Plus an Zeit, welches für die jetzt vorliegende Reaction beansprucht wird, gehört also der Wahl des Bewegungsimpulses (ob derselbe rechts oder links gesetzt werden soll) an. Dieses Plus wollen wir die Willenszeit nennen. Es kann nun dieser Versuch auch für andere Sinnesorgane und andere Bewegungscombinationen ausgeführt werden. Es soll z. B. auf einen gerufenen Vocalklang durch Aussprechen desselben Vocales so schnell als möglich reagirt werden. In diesem Falle fand Donders eine Willenszeit von 0,036 Sec. Es sind für diese und ähnliche Versuche

1 Vergl. Sigm. Exner, Zur Lehre von den Gehörsempfindungen. Arch. f. d. ges. Physiol. XIII.

2 Donders, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1868.

von Donders zwei Apparate construirt worden, der Noëmatotachograph und das Noëmatotachometer.[1]

V. Das Gedächtniss.

An die Lehre vom zeitlichen Verlauf der Empfindungs- und Bewegungsimpulse möge hier dasjenige angereiht werden, was wir vom Gedächtniss aussagen können. Jede Empfindung und Empfindungscombination bringt im Centralorgane Veränderungen hervor, welche Veränderungen im Laufe der Zeit wieder schwinden. Sie sind es, welche ermöglichen, dass eine in einem bestimmten Falle eintretende Empfindungscombination als schon ein oder mehrere Male dagewesene erkannt wird. Die Geschwindigkeit, mit welcher ein Gedächtnissbild vergeht, ist von einer Reihe von Umständen abhängig, der Individualität, der Reproduction, der Intensität von anderen Gedächtnissbildern u. s. w. und in hohem Maasse von dem Grade der Aufmerksamkeit, welche wir der primären Sinnesempfindung zugewendet haben. Die vielen Tausende von Sinneseindrücken, die jeder Tag liefert, gehen mit Ausnahme von wenigen dem Gedächtnisse verloren, und doch gaben auch diese ein Gedächtnissbild. Sinneseindrücke, auf welche die Aufmerksamkeit nicht gerichtet ist, rufen ein so kurz dauerndes Gedächtnissbild hervor, dass es gewöhnlich übersehen wurde. Ist man mit einem Gegenstande intensiv beschäftigt, so hört man eine Uhr nicht schlagen. Man kann aber, nachdem dieselbe aufgehört hat zu schlagen, aufmerksam werden, und noch jetzt die Schläge der Uhr zählen. Derartige Beispiele findet man oft im täglichen Leben. Man kann auch an einer zweiten Person die Existenz dieses „primären Gedächtnissbildes“, wie wir es nennen wollen, für den Fall der vollkommen abgelenkten Aufmerksamkeit nachweisen: man bitte z. B. dieselbe möglichst schnell die Zeilen einer bedruckten Seite o. dgl. zu zählen, mache, während dies geschieht, ein Paar Schritte auf und ab, und frage nachdem die Person geendet hat, wo man gestanden ist; sie wird immer mit voller Bestimmtheit angeben, man sei gegangen. Ganz analoge Versuche kann man mit dem Gesichtssinn anstellen.[2] Dieses primäre Gedächtnissbild ist, ob die Aufmerksamkeit dem Eindruck zugewendet ist oder nicht, ein äusserst lebhaftes, unterscheidet sich aber schon in der Empfindung von jeder Art von Nachbildern oder Hallucinationen. Erstere rühren sicher, letztere wahrscheinlich von Veränderungen im nervösen Apparate her, welche

1 Archief voor natuur- en geneeskunde. D. III. Vergl. auch ebenda D. II.

2 Sigm. Exner, Experim. Untersuchungen d. einfachsten psychischen Processe. 4. Abhdlg. Arch. f. d. ges. Physiol. XI.

einen anderen Sitz haben als die Veränderungen, welche dem Gedächtnissbilde zu Grunde liegen.

Das primäre Gedächtnissbild schwindet, wenn die Aufmerksamkeit dasselbe nicht erfasst, im Laufe weniger Secunden. Auch wenn die Aufmerksamkeit dem ursprünglichen Sinneseindrucke zugewendet ist, nimmt die Lebhaftigkeit des Gedächtnissbildes sehr rasch ab. Dasselbe kann aber nach Fechner[1] durch neue Anstrengung der Aufmerksamkeit wiederholt frisch angefacht werden. In welcher Weise die Genauigkeit eines Gedächtnissbildes im Laufe der ersten Secunden und Minuten abnimmt, kann man aus Versuchen ersehen, die in folgender Weise angestellt sind. Erst wird eine Linie von bestimmter Länge angeblickt, dann entfernt und dem Auge sogleich eine zweite geboten. Man stellt sich die Aufgabe, die zweite mit der ersten auf ihr Längenverhältniss zu schätzen. Diese Schätzung geschieht mit einem durchschnittlichen Fehler von bestimmter Grösse. Dann lässt man eine Pause zwischen dem Anblick der beiden Linien eintreten, und schätzt wieder. Bei wachsender Pause nun wird der Schätzungsfehler rasch grösser. Auch mit den Empfindungen anderer Art lassen sich derartige Versuche ausführen, die also die Schärfe des Gedächtnissbildes und deren Aenderung in Zahlen ausdrücken lassen.[2] Doch sind bisher ausgedehnte Versuchsreihen dieser Art noch nicht angestellt worden.[3]

Die Schärfe des Gedächtnissbildes nähert sich mit der Zeit immer mehr und mehr einem stationären Zustande, ohne diesen aber, wie es scheint, je zu erreichen. So wie im Laufe der ersten Minuten das primäre Gedächtnissbild durch daraufgerichtete Aufmerksamkeit wieder aufgefrischt werden kann, so auch das viel ungenauere ältere Gedächtnissbild.

Nicht nur das Gedächtniss als Fähigkeit Gedächtnissbilder längere oder kürzere Zeit festzuhalten, ist vererblich, sondern auch der Inhalt des Gedächtnisses, die Gedächtnissbilder selbst. Sicher gilt dies für Thiere, ob, in welchem Grade und in welcher Form es für den Menschen gilt, darauf kann hier nicht näher eingegangen werden. Es kommt vor, dass junge Jagdhunde, die niemals auf der Jagd waren, noch sonst Gelegenheit hatten, je einen Flintenschuss und

---

1 Fechner, Psychophysik. II. S. 493.

2 E. H. Weber, Tastsinn und Gemeingefühl. S. 87.

3 Wie aus einem wenige Zeilen langen Referate der Allg. Ztschr. f. Psychiatrie. XXXV. Heft 1 zu ersehen ist, hat Dittmar im Juni 1877 im psychiatr. Verein der Rheinprovinz einen Vortrag gehalten, in welchem er Curven über den Verlauf des Gedächtnisses, die auf experimentellem Wege gewonnen waren, demonstrirte. Es ist aber aus diesem Referate nicht zu ersehen, ob es sich um den in Rede stehenden Gegenstand handelt.

seine Wirkung kennen zu lernen, wenn sie auf dem Felde den ersten Schuss gewahren mit voller Lust, wie ein alter Jagdhund losstürzen um die Beute zu apportiren, auch dann, wenn sie keine fallen sahen. Es ist dies ein Beweis, dass seit der Erfindung des Schiesspulvers das Gedächtnissbild eines Schusses und seiner Folgen in das Hundegehirn erblich übergegangen ist, also in den sogenannten Instinct aufgenommen wurde.[1]

FÜNFTES CAPITEL.

Die Aufmerksamkeit.

Ueber die physiologischen Vorgänge, welche jenen Thatsachen zu Grunde liegen, aus denen der Begriff der Aufmerksamkeit abstrahirt wurde, wissen wir gar nichts. Nur das ist klar, dass wir es hier mit willkürlich gesetzten Veränderungen unseres Centralnervensystemes zu thun haben, welche Veränderungen erstens quantitativ variiren, zweitens abwechselnd die verschiedenen Bezirke unserer psychischen Thätigkeit betreffen können: wir können unsere Aufmerksamkeit in höherem und geringerem Grade anspannen, wir können sie den Eindrücken des Gesichtsorganes, oder denen des Gehörorganes, den von einer intendirten Bewegung zu erwartenden Muskelempfindungen u. s. w. zuwenden.

Die Aufmerksamkeit bewirkt, dass von den vielen tausend Sinneseindrücken, welche wir in jedem Momente bekommen, immer nur wenige, oft gar keine zum Bewusstsein kommen. Man denke nur an alle Gegenstände, ihre Farben, Beleuchtungen u. s. w., die wir in jedem Gesichtsfeld vor uns haben, an die Geräusche, die wir gleichzeitig hören, an alle Tastempfindungen unserer Körperoberfläche u. s. f.

Alle diese Eindrücke können wir durch die Aufmerksamkeit willkürlich in das Bewusstsein treten lassen. Dabei ist folgendes zu bemerken.

Für gewöhnlich gelingt es uns nur unsere Aufmerksamkeit von einem Gegenstande abzuziehen, wenn wir sie auf einen anderen richten; denn unser Bewusstsein vollkommen zu entleeren, dürfte, wenn

1 Ueber die Erwerbung u. Vererbung des Instinctes sowie andere Eigenschaften der Organismen vergl. E. Hering, Ueber das Gedächtniss als eine allgemeine Function der organisirten Materie. Vortrag in der Wiener Acad. 1870 und v. Hensen, Ueber das Gedächtniss. Rectorsrede. Kiel 1877.



überhaupt, doch nur für sehr kurze Zeit möglich sein. Wenn wir uns hingegen dem Zustande des Schlafes nähern, gelingt es auch willkürlich für einige Secunden die Aufmerksamkeit von Allem soweit abzuziehen, dass man nachher in der That keinen Gegenstand nennen kann, mit dem man sich beschäftigt hätte.[1] Die Willkürlichkeit der Aufmerksamkeit ist weiter dadurch beschränkt, dass es uns nicht gelingt, dieselbe von heftigen Eindrücken abzulenken, sowie einem Gegenstande gleichmässig zugewendet zu erhalten, wenn andere Reize auftreten, die eine gewisse Intensität überschreiten, oder wenn gleichzeitig willkürliche Bewegungen ausgeführt werden sollen.

Man darf sich nun nicht vorstellen, die Wirkung der Aufmerksamkeit komme dadurch zu Stande, dass die Sinnesorgane und ihre nächsten centralen Verbindungen, auf welche sie gerichtet ist, erregbarer werden. Denn dann müsste ein graues Papier heller, ein Ton stärker erscheinen, wenn die Aufmerksamkeit auf dieselbe gerichtet ist, als wenn dies nicht der Fall ist.[2] Es müssten zwei Nachbilder gleicher Objecte ungleich deutlich erscheinen, wenn das eine mit Aufmerksamkeit beobachtet wurde, und das andere nicht, was auch nicht der Fall ist. Aber auch auf einzelne oder Gruppen von Empfindungselementen (s. Einleitung) ist die Aufmerksamkeit gewöhnlich nicht gerichtet, denn würden wir z. B. bei Betrachtung einer Statue die Aufmerksamkeit einfach den Empfindungen zuleiten, welche jedes einzelne Netzhautelement, auf dem das Bild der Statue liegt, liefert, so würden wir immer gleichzeitig Farbe, Form, Beleuchtung u. s. w. der Statue beurtheilen müssen. Der Vorgang ist also ein viel complicirterer. Der Angriffspunkt der Aufmerksamkeit liegt so zu sagen da, wo die Sinneseindrücke schon bis zu einem gewissen Grade geistig verarbeitet sind.

An einfachen Fällen können wir das Spiel der Aufmerksamkeit etwas genauer verfolgen; bietet man dem einen Auge eine Farbe, z. B. roth, dem anderen Auge eine andere, z. B. grün, so sieht man im Allgemeinen Wettstreit der Sehfelder; man kann dann die Aufmerksamkeit dem Roth oder dem Grün zuwenden, kann damit abwechseln, und auf diese Weise den Wettstreit willkürlich dirigiren. Hat man nun das Roth einige Secunden lang vortreten lassen, schliesst dann schnell die Augen und beachtet das primäre Gedächtnissbild, so findet man in demselben nichts von der grünen Farbe und ebensowenig etwas vom Wettstreit der Sehfelder. Das Gedächtnissbild

1 Dieses willkürliche Abziehen der Aufmerksamkeit ist für mich das wirksamste Einschläferungsmittel, ein Beweis, dass hier keine Täuschung vorliegt.

2 Fechner, In Sachen der Psychophysik. S. 27. Leipzig 1877.

bleibt das von Roth, wenn wir uns auch bemühen die Grün-Empfindung uns in das Gedächtnissbild zurückzurufen.[1] Es beweist dieser Versuch, dass durch die Richtung der Aufmerksamkeit nach dem Roth, jene centralen Vorgänge, welche die Grün-Erregung im anderen Auge hervorgerufen hat, gar nicht bis in jene Region psychischer Thätigkeit vorgedrungen sind, in welcher die Gedächtnissbilder zu Stande kommen. Hier hat also die Aufmerksamkeit eine Erregung vom Bewusstsein abgesperrt.

Andererseits kann man im obigen Versuche durch Aufmerksamkeit die Erregungen der beiden Augen soweit combiniren, dass man (viele, nicht alle Beobachter) die Mischfarbe sieht. Ja sogar Contrastempfindungen, deren Intensität von der Aufmerksamkeit bis zu einem gewissen Grade abhängig sind, kann man durch Combination der Empfindungen beider Augen erhalten. Es werden dann gewisse Empfindungselemente des einen Auges durch die des anderen unterdrückt.

Aus diesen und ähnlichen Versuchen geht hervor, dass die Aufmerksamkeit, um ein Gleichniss zu gebrauchen, die Aufgabe eines Weichenstellers auf einem Schienennetz hat, der dafür sorgt, dass gewisse Empfindungstransporte die Kreuzungsstellen ungehindert durchsetzen, andere zurückgehalten werden, und wieder andere in neuen Combinationen die Kreuzungsstelle passiren.[2]

Man hat Gelegenheit, die Leistungen der Aufmerksamkeit genauer zu studiren, wenn man die oben angeführten Versuche über kleinste Differenz und Reactionszeit ausführt. Hat man die Aufgabe zu lösen, bei sehr geringer Zeitdifferenz zu entscheiden, welcher von zwei Sinnesreizen der erste war, so verfährt man gewöhnlich so: noch ehe die Reize da sind, wird mit angestrengtester Aufmerksamkeit einer derselben vorgestellt und erwartet. Sind die Reize vorbei, so findet man sie in seinem Gedächtnissbilde zeitlich vertheilt und beurtheilt sie nach diesem Gedächtnissbilde. Sind die Reize z. B. ein Glockenschlag und das Netzhautbild eines elektrischen Funkens, so wird die Aufmerksamkeit blos auf den Glockenschlag gerichtet. Der elektrische Funken erscheint dann freilich im Gedächtnissbilde zeitlich wenig bestimmt, man zweifelt oft, ob er vorausgegangen war oder nicht. Auch hat man die Neigung, den stärkeren Reiz für den ersten zu halten, sowie den Reiz auf welchen die Auf-

---

1 Es unterscheidet sich, wie man sieht, dieser Fall von den früher erwähnten. Wie oben angeführt, haben Eindrücke, auf welche die Aufmerksamkeit nicht gelenkt ist, auch ein primäres Gedächtnissbild.

2 Sigm. Exner, Experim. Untersuchungen d. einfachsten psychischen Processe. 4. Abhdlg. Arch. f. d. ges. Physiol. XI.

merksamkeit eingestellt war. WUNDT[1] sagt sogar, er könne bei unserem Beispiele analogen Versuchen willkürlich jeden Reiz zuerst erscheinen lassen, indem er ihm die Aufmerksamkeit zuwendet.

Sind die beiden Empfindungen sich ähnlich, wie wenn gleiche Reize auf beide Ohren wirken, so verfährt man anders. Man stellt die Aufmerksamkeit auf die zu erwartende Empfindung ein, und erfasst die erste, welche man erhält. Die zweite Empfindung wird kaum beachtet. Im Gedächtnissbilde findet man dann den ersten Reiz und erkennt nun, ob er das rechte oder das linke Ohr getroffen hat.

Es ist hervorzuheben, dass diese Vorgänge unbewusst geschehen, dass sie nur durch genaue Selbstbeobachtung überhaupt erkannt werden können, ferner, dass diese ganze Arbeit der Aufmerksamkeit schon geschehen sein muss, wenn die Reize eintreten.

Hat man seine Aufmerksamkeit für einen solchen Versuch eingestellt, so gewahrt man, dass es nicht möglich ist, sie immer auf derselben Höhe zu erhalten; unwillkürlich und gegen den Willen ist sie in einem steten Schwanken begriffen, und das Resultat des Versuches hängt davon ab, ob die Reize eben in einem günstigen oder in einem ungünstigen Momente eingetreten sind.[2]

Man wird dadurch an ein Bild FECHNER's erinnert, der im Bewusstsein Wellen ablaufen lässt.[3]

Der Umstand, dass durch die Aufmerksamkeit gewisse Nervenbahnen der Erregung geöffnet werden, wird besonders bei den Versuchen über die Reactionszeit klar. Hat man z. B. die Aufgabe, auf einen plötzlich auftretenden optischen Reiz mit einer Handbewegung zu reagiren, so versetzt man sich in einen Zustand (der freilich so gut wie gar nicht zu beschreiben ist), der dafür sorgt, dass die Reaction eben in der intendirten Weise und mit grosser Schnelligkeit erfolgt. Dieser Zustand wird natürlich willkürlich hervorgerufen — wir sagen, wir strengen unsere Aufmerksamkeit an —; befindet sich das Sensorium aber einmal in jenem Zustande, dann ist die Reaction so zu sagen unwillkürlich, d. h. es bedarf keines nach dem Eintritt des Reizes zu setzenden Willensimpulses mehr, damit die Reaction erfolge, im Gegentheil, es bedarf einer messbaren Zeit, jenen Zustand wieder zu beseitigen, und trifft der Reiz ein, bevor dies vollkommen geschehen ist, so erfolgt gleichsam ohne und gegen den Willen

1 WUNDT, Mensch- und Thierseele. Leipzig 1863.

2 SIGM. EXNER, Experim. Untersuchungen d. einfachsten psychischen Processe. 3. Abhdlg. Arch. f. d. ges. Physiol. XI.

3 FECHNER, Elem. d. Psychophysik. II. S. 452 ff.



Zuckung. Es geschieht z. B., dass der Reiz den man mit gespannter Aufmerksamkeit erwartet hat, auszubleiben scheint, man sieht sich nach den Apparaten um, ob alles in Ordnung ist; in diesem Moment erfolgt der Reiz und mit ihm auch die Reaction, obwohl die Absicht zu reagiren eigentlich schon aufgegeben war. Die Reaction lässt zwar länger auf sich warten als gewöhnlich, ist aber doch noch viel kürzer, als wenn der Willensimpuls erst nach Empfang des Reizes gesetzt worden wäre.

Das also, was bewirkt, dass auf den Reiz wirklich die Reaction eintritt, besteht in einer centralen Veränderung, welche schon eingetreten war, bevor der Reiz gesetzt wurde. Diese Veränderung ist es, welche willkürlich hervorgerufen wird.

Soll die Reaction mit anderen Muskelgruppen, oder soll sie auf andere Reize erfolgen, so muss jene Veränderung also eine andere sein. Wir können uns diese Verschiedenheiten nur so vorstellen, dass jener Zustand, in welchen die Centralorgane bei angestrengter Aufmerksamkeit versetzt werden, je nach der Richtung derselben verschiedene Nervenbahnen betrifft.

Was hier über den Zustand der Aufmerksamkeit gesagt ist, beruht auf Selbstbeobachtung. Es gibt aber Thatsachen, aus welchen auch objectiv zu ersehen ist, dass das Auseinandergesetzte richtig und auch für andere Personen giltig ist.

Es kommt vor, und wenn man vom Experimentiren ermüdet ist, geschieht es sogar sehr häufig, dass nach erfolgtem Reiz die Reaction ganz ausbleibt. Der Experimentirende ist dann von dem Ausbleiben überrascht; was nicht sein könnte, wenn nach dem Reiz noch ein Willensimpuls gesetzt werden würde. Man hat vielmehr den Eindruck, als wäre jener Zustand im Sensorium zu wenig gesteigert, oder als wäre der Reiz nicht intensiv genug gewesen, um auf die Bewegungsnerven durchbrechen zu können. Ja es geschieht, dass man sich ernstlich über das Ausbleiben der Zuckung ärgert. In solchen Fällen versucht man gewöhnlich gar nicht mehr zu reagiren, man gibt, wenn die Reaction ausgeblieben ist, die Sache verloren; reagirt man aber doch, so fällt die Zeit unverhältnissmässig gross aus (gegen eine Secunde).

Diese Anstrengung der Aufmerksamkeit ist in hohem Grade ermüdend. Man schwitzt oft vor Anstrengung, obwohl man ruhig auf dem Stuhle sitzt.[1]

---

1 Die hier mitgetheilten Resultate der Selbstbeobachtung bei Gelegenheit der Reactionsversuche (Sigm. Exner, Experim. Unters. d. einf. psych. Proc. Abhdlg. I. Arch. f. d. ges. Physiol. VII) sind von Hirsch (Bull. de la societé d. sc. nat. à Neuchâtel. 5. Febr. 1874) bestätigt worden.

In neuester Zeit hat OBERSTEINER [1] gezeigt, dass und wie die Grösse der Reactionszeit zunimmt, wenn auf den Experimentirenden „zerstreuende“ Sinneseindrücke wirken. Ein Beispiel möge diese Wirkung demonstriren. Ein Individuum, dessen durchschnittliche normale Reactionszeit für einen bestimmten Fall 0,100 Sec. betrug, hatte die Aufgabe, Reactionsversuche zu machen, während in demselben Zimmer eine Spielorgel spielte. Die folgende Tabelle zeigt, wie nun die Zahlen, welche die Reactionszeiten angeben, grösser werden, wie sie aber diesen Zuwachs verlieren, sobald die Orgel zu spielen aufhört. Die mit * bezeichneten Reactionszeiten sind nämlich gewonnen während der Pausen des Spieles.

Sec.	Differenzen	Sec.	Differenzen
0,148		0,124	— 8
0,141	— 7	0,140	+ 19
0,120	— 21	0,133	— 7
*0,095	— 25	*0,087	— 46
0,215	+120	0,144	+ 57
0,124	— 89	*0,108	— 36
0,129	+ 5	*0,091	— 17

Auch andere Sinneseindrücke hatten eine ähnliche Vergrösserung der Reactionszeit zur Folge.

Es war bisher nur die Rede von der Aufmerksamkeit, insofern sie Empfindungs- und Bewegungsimpulse betrifft. Sie kann nun, wie allgemein bekannt, auch Gedächtnissbildern zugewendet sein, so wie den Denkoperationen, welche mit denselben ausgeführt werden. [2]

Es hat in neuester Zeit MOSSO [3] angegeben, gewisse Veränderungen in den Circulationsverhältnissen des menschlichen Körpers beobachtet zu haben, welche eintreten, wenn die Aufmerksamkeit des betreffenden Individuums durch äussere Eindrücke oder auch durch psychische Arbeit in Anspruch genommen wird. Doch sind

1 OBERSTEINER, Experimental Researches on attention. Brain: a journal of neurology. I. p. 439. London 1879.

2 In welcher Weise der Grad der Aufmerksamkeit in einem gegebenen Falle von anderrn Umständen abhängig ist, findet sich in HERBART's De attentionis mensura causisque primariis in dessen kleiner philosoph. Schrift, herausg. von HARTENSTEIN, II. S. 353 und in dessen „Schriften zur Physiologie“, herausg. von dems. 2. Th. S. 200. Leipzig 1850 auseinandergesetzt.

3 MOSSO, Sur une nouvelle méthode pour écrire les mouvements des vaisseaux sanguins schez l'homme. Compt. rend. LXXXII u. Sopra un nuova metodo per scrivere i movimenti dei vasi sanguigni nell' uomo. Turin, Pavaria 1875, ferner im Archivio per le scienze mediche. I. 1876.

diese Beobachtungen bisher noch zu wenig übereinstimmend[1] und zu vieldeutig, um sie für die uns hier beschäftigenden Fragen verwerthen zu können. Das Thatsächliche an den Beobachtungen gehört passender in das Capitel von der Circulation.[2]

SECHSTES CAPITEL.

Die Affecte.

Von der physiologischen Grundlage der Affecte ist nur äusserst Weniges bekannt. Dieses Wenige bezieht sich nahezu ausschliesslich (wenn wir nämlich von den Actionen mancher Muskelgruppen absehen) auf das Gefässsystem. Dass bei gewissen Gemüthsbewegungen sich die Farbe der Haut ändert, ist allgemein bekannt, doch ist auch diese Wirkung erstens noch zweideutig, indem sie zwar mit Wahrscheinlichkeit als der Ausdruck einer centralen Innervationsänderung der Gefässnerven jener Hautbezirke aufgefasst werden muss, aber doch auch möglicherweise von Erhöhung des Blutdruckes bei Gefässverengerung in den übrigen Blutgefässbezirken herrühren kann, zweitens inconstant, insofern als derselbe äussere Eindruck, derselbe Affect, bei verschiedenen Individuen die entgegengesetzte Farbenveränderung hervorrufen kann: ein Mensch wird vor Zorn roth, ein anderer bleich.

Schon im Jahre 1854 hat Rud. Wagner[3] Versuche über die Wirkung des Schreckens auf die Herzbewegung angestellt. Er zählte die Herzschläge eines Kaninchens, schlug dann neben demselben mit einem Hammer auf den Tisch und bemerkte, dass das Herz eine kurze Zeit stehen blieb, um dann in rascherer Schlagfolge seine Bewegung wieder aufzunehmen. Diese Beschleunigung machte bald wieder der normalen Bewegung Platz. Er fand weiter, dass die Wirkung auf die Pulsfrequenz ausblieb, wenn die beiden N. vagi durchschnitten waren. Das Thier fährt aber auch nach der Durchschneidung bei jedem Hammerschlag zusammen.

---

1 Vergl. v. Basch, Die volumetrische Bestimmung d. Blutdruckes am Menschen. Wiener med. Jahrbücher. 1876.

2 Rein psychologisch beschäftigt sich mit unserem Thema G. E. Müller, Zur Theorie der sinnlichen Aufmerksamkeit. Inaug.-Dissert. der Univers. Göttingen. Gedruckt bei Edelmann. Leipzig.

3 Wagner, Nachr. v. d. G. A. Universität und der k. Ges. d. Wiss. zu Göttingen. Nr. 8. S. 130. 1854.

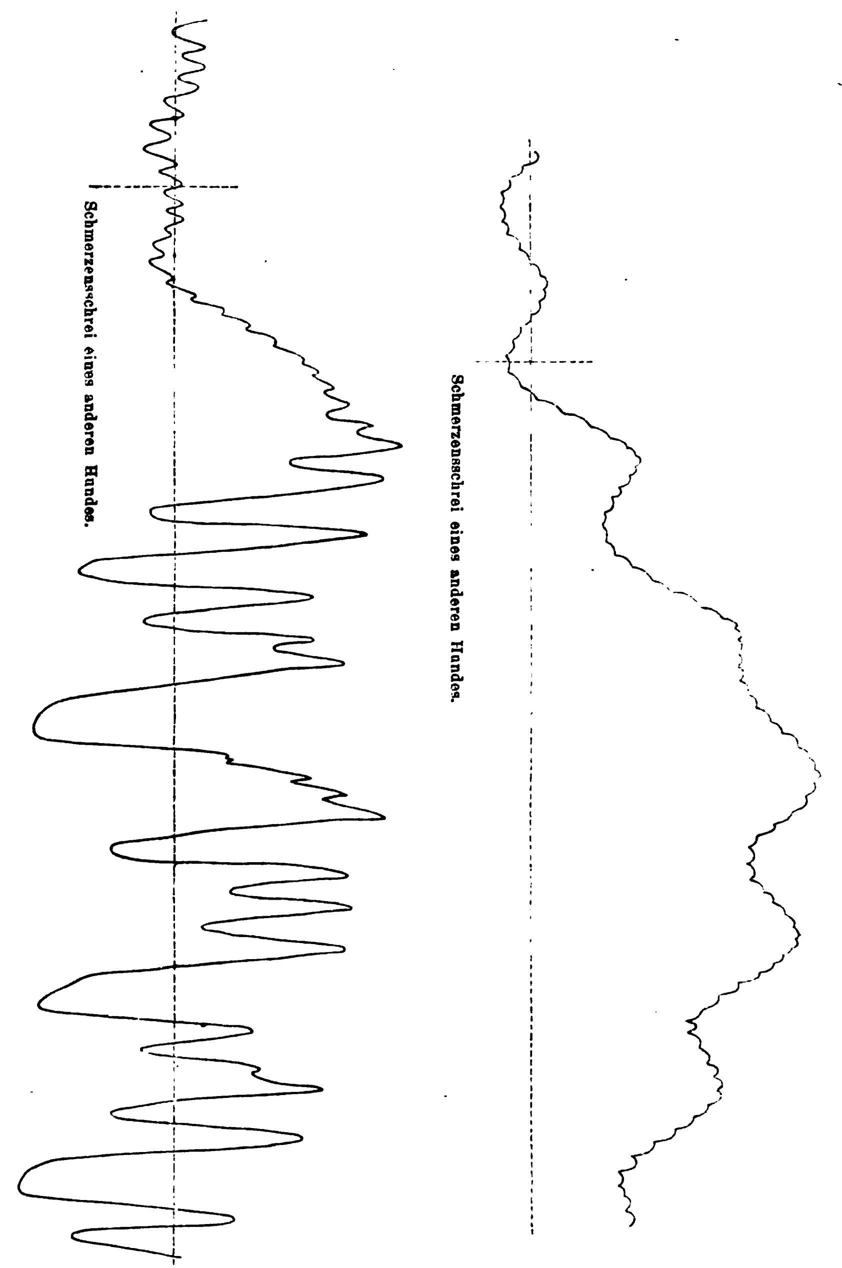


Fig. 1. Blutdruckschwankungen eines gemüthlich aufgeregten Hundes.

Fig. 2. Blutdruckschwankungen eines gemüthlich aufgeregten Hundes nach Durchschneidung der Nn. vagi.

In neuester Zeit sind von CONTY und CHARPENTIER[1] Beobachtungen gemacht worden, welche die in Rede stehenden Circulationsstörungen genauer präcisiren.

Wird von einem curarisirten Hunde der Blutdruck in gewöhnlicher Weise geschrieben, und man lässt einen zweiten Hund einen schmerzhaften Schrei ausstossen, so afficirt dies den ersten, und die Blutdruckcurve desselben zeigt bei durchschnittlicher Steigerung, dass das Herz stürmische, sehr ausgiebige und unregelmässige Bewegungen macht, wie die beistehende Figur 1 zeigt. Es stimmt dieselbe nicht mit dem Bild überein, welches man sich nach R. WAGNER's Zählungen der Herzschläge von dem Verlauf der Druckschwankungen in der Arterie seines Kaninchens entwerfen würde. Doch darf man nicht den Unterschied der Reizart und die Verschiedenheit der beiden Thiere ausser Acht lassen. Das Wesentliche ist vielmehr, dass man es in beiden Fällen mit dem Ausdruck einer centralen Vagusreizung zu thun hat, denn die mitgetheilte Curve verräth den Charakter der Vagusreizung.

CONTY und CHARPENTIER haben dann bei demselben Thiere die Nn. vagi durchschnitten und denselben Versuch wiederholt. Sie erhielten jetzt die in Fig. 2 dargestellte Druckcurve. Die Wirkung der Nn. vagi fehlt, doch zeigt sich jetzt, dass ausser derselben noch eine Wirkung auf die Gefässe vorhanden ist. Der Tonus derselben wird in Folge des Schmerzensschreies des anderen Thieres erhöht und mit diesem der Blutdruck. Diese Blutdruckerhöhung tritt übrigens auch bei anderweitiger Reizung sensibler Nerven auf. Ob sie abhängig oder unabhängig davon ist, dass das Grosshirn erhalten und functionsfähig ist, darüber sind die Ansichten noch getheilt.[2]

Es muss dahingestellt bleiben, ob die physiologischen Aeusserungen der Affecte, ähnlich wie dies bei gewissen Reflexkrämpfen, z. B. dem Husten, der Fall ist, dem Individuum zum Schutze dienen, indem sie gewisse Schädlichkeiten paralisiren oder beseitigen.[3]

Durch einen Schrei in das Ohr haben schon früher v. BEZOLD

---

1 CONTY et CHARPENTIER, Recherch. s. les effets cardio-vasculaires des excitations des sens. Arch. d. physiol. norm et pathol. 1877. p. 525.

2 Vergl. CYON, Sur les actions réflexes des nerfs sensibles sur les nerfs vasomoteurs. Compt. rend. II. 1869 und: Hemmungen und Erregungen im Centralsystem der Gefässnerven. Bull. de l'acad. impér. des sc. de St. Pétersbourg. VII. 1870; HEIDENHAIN, Ueber CYON's neue Theorie der centralen Innervation der Gefässnerv. Arch. f. d. ges. Physiol. IV; CYON, Zur Lehre von der reflectorischen Erreg. der Gefässnerv. ebendaselbst VIII; HEIDENHAIN, Die Einwirkung sensibler Reize auf den Blutdruck. ebendaselbst IX; CYON, Zur Physiologie des Gefässnervencentrums. 1. Mitth. ebendaselbst IX.

3 HECKER (Allg. Zeitg. f. Psychiatrie. XXIX.) sucht nach diesem Principe zu einem Verständnisse des Lachens zu gelangen.

sowie DANILEWSKY[1] Blutdrucksteigerung hervorgerufen und gefunden, dass dieselbe ausbleibt, wenn die Grosshirnlappen entfernt waren.

SIEBENTES CAPITEL.

Der Schlaf.

Die Eigenschaft, sein Leben im Wechsel von Schlafen und Wachen zuzubringen, theilt der Mensch mit einer grossen Anzahl von Thieren, vielleicht mit allen, ja, wenn man den Schlaf im weitesten Sinne nehmen will, auch mit Pflanzen. Es ist nicht zu entscheiden, ob es nur in der Augenfälligkeit der Symptome des Schlafes begründet ist, oder ob es den Thatsachen entspricht, dass das Schlafbedürfniss uns durchaus nicht mit der höheren geistigen Ausbildung der Thiere im Verhältniss zu stehen scheint. So zeigen Spinnen und Insecten oft eine „schlafsüchtige Ruhe"[2], während höhere Thiere, z. B. die Fische, ja selbst Wiederkäuer, zwar ein träges Hinbrüten, aber keinen eigentlichen Schlaf zeigen.

Der tiefste Schlaf steht durch continuirliche Uebergänge in Verbindung mit dem aufgeregtesten Wachsein. Beobachtet man sich beim Einschlafen, so bemerkt man, dass der Vorstellungskreis, in dem man sich bewegt, immer enger und enger wird. Man kann in einem gewissen Stadium noch wenigstens scheinbar vernünftig über einen Gegenstand nachgrübeln, derselbe kann noch mit gleicher scheinbarer Auffassungsgabe wie sonst überlegt und beurtheilt werden, will man aber jetzt einen anderen Gedankengang einschlagen, so fühlt man, dass da ein gewisser Widerstand zu überwinden wäre, dessen Ueberwindung eine mehr oder weniger vollkommene Ermunterung zur Folge haben würde. Würden wir uns erst mit dem zweiten Gegenstand beschäftigt haben, so würde der Uebergang zum ersten die Ermunterung herbeiführen.

Es können also gewisse Vorstellungskreise so zu sagen noch wachen, während andere schon schlafen.

Es hängen hiermit die Erscheinungen des Somnambulismus zusammen. Wie schon J. MÜLLER hervorhebt, hat man es hier mit

1 DANILEWSKY, Experimentelle Beiträge zur Physiol. des Gehirnes. Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 133.

2 J. MÜLLER, Physiologie des Menschen. S. 587. Coblenz 1840.



einem theilweisen Schlafe zu thun. Das Individuum, das im Schlafe herumgeht, z. B. auf ein Dach steigt, wacht in Bezug auf die beim Gehen, Ausweichen, Orientiren in den Räumlichkeiten und Aehnlichem verwendeten Vorstellungen, schläft aber in Bezug auf die Vorstellungen der Gefahr, der ungewohnten Situation u. s. f. Ist der Vorstellungskreis, der dem eigentlichen Schlafe entzogen ist, ein sehr geringer, so hat man den oft erwähnten Fall des Postillons vor sich, der reitend schläft, oder des Müllers, den die geringe Aenderung, die das Klappern der Mühle, wenn sie leer wird, erleidet, weckt. Wer während einem Vortrage eingeschlafen ist, wacht auf, wenn der Vortragende eine Pause macht. Es zeigt dieses, dass Aenderungen von Sinnesreizen wie Sinnesreize selbst wirken.

Im tiefen Schlafe gelangen die Sinnesreize, obwohl die Sinnesorgane, wie niemand zweifelt, in gewöhnlicher Weise functioniren, nicht zum Bewusstsein und sind die willkürlichen Muskeln erschlafft: „der Schlaf und der Tod löst die Glieder". Es ist nicht unwahrscheinlich, dass wir in jenen ängstlichen Träumen, in welchen wir uns bemühen eine Bewegung auszuführen, aber uns gefesselt fühlen, im Centralorgane wirkliche Bewegungsimpulse abgeben, dass aber diese Bewegungsimpulse, ebenso wie die Empfindungsimpulse, von ihrem Ziele abgehalten werden.

Es ist dies eine Vorstellungsweise, welche schon PURKINJE [1] vorschwebte, als er die Erscheinungen des Schlafes unter der Annahme erklärlich hielt, dass die Stabkranzfasern durch die reicher mit Blut gespeisten Stammganglien comprimirt und dadurch leitungsunfähig würden. PURKINJE führt dies nur als eine mögliche Erklärungsweise auf, doch giebt dieselbe ein in gewisser Beziehung treffendes Bild des thatsächlichen Sachverhaltes. Während wir uns im Wachen unserer Vorstellungen als Vorstellungen bewusst sind, halten wir sie oder einen Theil derselben im Schlafe für objectiv; sie bekommen dadurch den Charakter der Hallucinationen. Das obige Bild PURKINJE's könnte zu der Vermuthung Veranlassung geben, dass oberhalb der Stabkranzfasern im Organe des Bewusstseins die Vorstellungen während des Schlafes ihr gewöhnliches normales Spiel treiben. Dem ist nicht so. Die Träume sind, abgesehen davon, dass sie Hallucinationen sind, ein verworrenes und unklares Arbeiten des Bewusstseins. Wir täuschen uns im Traume auch über intellectuelle Fragen, wir glauben die Lösung eines Räthsels [2] gefunden zu haben und erkennen beim Erwachen die Unsinnigkeit dieser Lösung etc. Beson-

1 PURKINJE, Wagner's Handwörterb. d. Physiol. unter „Schlaf".
2 J. MÜLLER, Lehrb. d. Physiol. II.



ders frappant sind gewisse Täuschungen über die Zeitdauer. Man weckt uns z. B. und wir schlummern wieder ein, werden aber nach einigen Minuten zum zweiten Male geweckt. Während diesen Minuten können wir eine lange complicirte Geschichte geträumt haben, zu deren Erzählung eine Viertelstunde nöthig ist, und glauben dem entsprechend zwischen dem ersten und zweiten Wecken geraume Zeit geschlafen zu haben.

Stricker[1] macht darauf aufmerksam, dass ein Hauptmotiv für die Täuschungen im Traume darin liegt, dass wir gewisse Erfahrungen vergessen, oder ausser Acht lassen. Wir träumen z. B. von einer Person, die längst gestorben ist. Indem wir im Traume mit ihr zu sprechen glauben, vergessen wir alle Erinnerungsbilder, die sich an ihren Tod knüpfen.

Interessant ist es, dass Erblindete auch noch nach vielen Jahren im Traume zu sehen glauben.[2]

Ob es auch einen traumlosen Schlaf giebt, ist eine Frage, die sich deshalb nicht bejahen lässt, weil in jedem Falle, für welchen wir sie bejahen wollen, die Gefahr obschwebt, dass wir den Traum vergessen haben. Nach eigenen Erfahrungen übrigens muss ich mich der Verneinung der Frage zuneigen, denn jedesmal, wenn ich, zu welcher Stunde der Nacht immer, auch ganz plötzlich geweckt wurde, fand ich mich in einem mehr oder weniger weitläufigen Traum.

Das Schlafbedürfniss stellt sich nach angestrengter geistiger oder körperlicher Arbeit im Allgemeinen früher ein, als gewöhnlich — im Allgemeinen: denn es giebt Fälle und Individualitäten, wo das Umgekehrte der Fall ist. Es liegt aber nicht unmittelbar in unserem Vermögen, dem Bedürfnisse nachzukommen. Oft ist es nöthig, dass wir uns äusseren Sinnesreizen sowie auch Gedächtnissbildern und Gedankenoperationen möglichst entziehen, um einschlafen zu können. Wie schon erwähnt, gelingt letzteres auf die Dauer nicht vollkommen.[3] Dass wir in horizontaler Lage leichter einschlafen als in anderen Lagen ist allgemein bekannt.

In Bezug auf die Wirkung, welche die Sinnesreize beim Einschlafen sowie beim Wacherhalten ausüben, ist in neuester Zeit von

---

1 Stricker, Vorles. über allgem. u. experim. Pathol. 3. Abthlg. Wien 1879.

2 J. Müller, l. c.

3 Dr. J. Breuer theilte mir die Beobachtung mit, dass in einem gewissen Stadium des Einschlafens Perioden klareren Bewusstseins mit Perioden verdunkelten Bewusstseins abwechseln. Jede solche Periode dauert mehrere Secunden. Es erinnert diese Thatsache an die Eigenthümlichkeit schwacher Gehörsempfindungen, periodisch zu verschwinden (Urbantschitsch, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. Nr. 37) und der analogen Erscheinung an schwachen Nachbildern (Helmholtz, Physiol. Opt. S. 365. Leipzig 1867).

Strümpell[1] ein interessanter Krankheitsfall veröffentlicht worden: Ein Schusterjunge war von einer so hochgradigen Anästhesie befallen, dass nur das rechte Auge und das linke Ohr ihm überhaupt noch Sinneseindrücke liefern konnten. Verband man ihm das erstere und verstopfte das letztere, so war der Kranke von der Aussenwelt vollkommen abgesperrt. So oft man dies nun wirklich that, und Strümpell hat dieses Experiment häufig anderen demonstrirt, konnte man Folgendes beobachten: „Zuerst machte der Kranke einige Aeusserungen der Verwunderung, versuchte vergeblich sich durch Schlagen mit der Hand Gehörseindrücke zu verschaffen. Nach wenigen (2—3) Minuten liessen diese Bewegungen schon nach, Respiration und Puls wurden ruhiger, erstere gleichmässiger, tiefer. Man konnte jetzt die Binde von den Augen entfernen. Dieselben waren geschlossen: der Kranke lag da im festen Schlaf."

Wenn gleich, wie auch Strümpell vermuthet, ein Mann mit höherer geistiger Ausbildung sich in derselben Lage durch seine Gedächtnissbilder länger wach erhalten hätte, so geht aus diesem Falle doch die grosse Macht hervor, welche die Sinnesreize auf die Lebhaftigkeit der geistigen Functionen in jedem Momente ausüben.

Die Tiefe des Schlafes ist bekanntlich grossen individuellen Schwankungen unterworfen; dass sie auch bei einem und demselben Individuum zeitlich verschieden ausfällt, geht schon aus den Erfahrungen des täglichen Lebens hervor. Kohlschütter[2] bestimmte die Tiefe des Schlafes im Verlaufe einer Nacht. Es geschah dies, indem von halber zu halber Stunde das untersuchte Individuum durch einen Schallreiz von abzustufender Grösse so weit geweckt wurde, dass es eine richtige und klare Antwort geben konnte. Die Tiefe des Schlafes wurde der Intensität des Reizes, welcher genügte um zu wecken, proportional gesetzt. Kohlschütter bediente sich als Reizgeber des Fechner'schen Schallpendels[3] eines pendelartig aufgehängten Gewichtes, das aus der Gleichgewichtslage gehoben, auf eine Schieferplatte herabfällt. Der Schall, den es dabei erzeugt, ist je nach der Höhe, aus welcher es gefallen ist, verschieden stark, und diese Stärke kann berechnet werden.

Es leuchtet ein, dass bei Vornahme derartiger Versuche eine ganze Reihe von Fehlerquellen in Betracht und in Rechnung gezogen

---

1 Strümpell, Beobachtungen über ausgebreitete Anästhesien und deren Folgen für die willkürliche Bewegung u. das Bewusstsein. Deutsch. Arch. f. klin. Med. XXII.

2 Kohlschütter, Messungen der Festigkeit des Schlafes. Dissert. Leipzig 1862 und Zeitschr. f. rat. Med. 1863.

3 Fechner, Elem. d. Psychophysik. I. S. 176. 179.



werden muss. Trotz dieser Schwierigkeiten haben sich doch folgende Thatsachen mit Sicherheit ermitteln lassen.

Die Tiefe des Schlafes nimmt im Laufe der ersten Stunde rasch zu und nimmt nach der ersten Stunde mit abnehmender Geschwindigkeit ab. Die beistehende Curve Fig. 3 zeigt den Verlauf eines achtstündigen Schlafes, wobei zu bemerken ist, dass Kohlschütter vermuthet, dass das Maximum derselben in Wirklichkeit noch etwas früher (also in die erste Stunde hinein) fällt, als die nach bestimmten Versuchsreihen construirte Curve es zeigt. Dieselbe ist ohne weitere Erläuterung verständlich: auf der Abscixsenase sind die Stunden nach Beginn des Schlafes aufgetragen, die Ordinaten bedeuten die Schallintensitäten, welche den Schlafenden zu wecken vermochten.

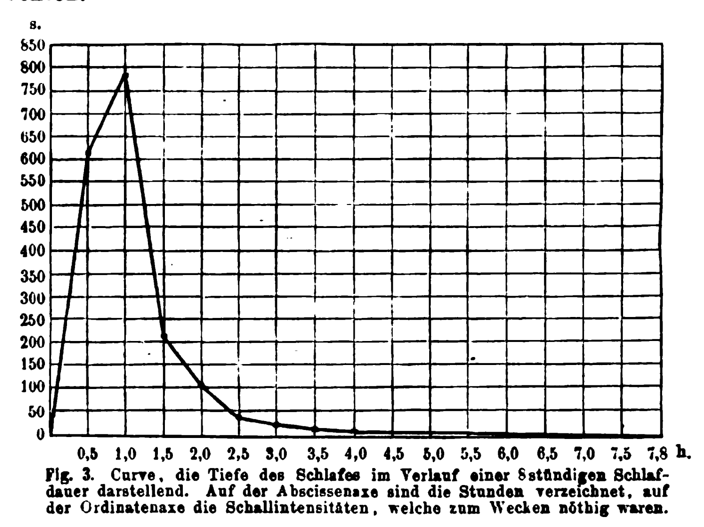


Fig. 3. Curve, die Tiefe des Schlafes im Verlauf einer 8stündigen Schlafdauer darstellend. Auf der Abscissenaxe sind die Stunden verzeichnet, auf der Ordinatenaxe die Schallintensitäten, welche zum Wecken nöthig waren.

Diese Curve behält ihren Charakter unabhängig von der absoluten Intensität des Schlafes. Wenn der Schlaf in Folge irgendwelcher Umstände sich verflacht, ohne dass eigentliches Erwachen eintritt, so folgt eine Periode tieferen Schlafes als dem normalen Verlaufe entspricht. Die Grösse und Dauer dieser Vertiefung hängt von der Grösse der Verflachung ab, und verläuft nach einer ähnlichen Curve, nach welcher die Tiefe des Schlafes im Allgemeinen verläuft. Es kann nicht unbemerkt bleiben, dass das, was in der Curve die Tiefe des Schlafes darstellt, nicht als identisch betrachtet werden kann mit der erquickenden Wirkung des Schlafes. Würde die Curve zugleich den Verlauf der Erholung des Centralnervensystemes während der achtstündigen Dauer des Schlafes darstellen, so wäre es fast gleich-

gültig, ob Jemand nur 2, 5 Stunden oder 8 Stunden schläft. Die Curve zeigt also, dass die erquickende Wirkung und die Tiefe des Schlafes (letztere in der obigen Weise gemessen) einander nicht parallel gehen.

Untersucht man in analoger Weise ein Individuum, welches in Folge leichter Alkoholintoxication schläft, so erhält man eine Curve, welche sich von der normalen in keinem Punkte unterscheidet.

Was die individuellen Schwankungen in der durchschnittlichen Tiefe des Schlafes anbelangt, so lässt sich als allgemeine Regel aufstellen, dass Kinder tiefer und auch länger schlafen als Erwachsene, dass das Bedürfniss nach Schlaf bei „vegetativen vollsaftigen Constitutionen“ [1] grösser ist als bei mageren Menschen.

Bei den Erscheinungen des Schlafes muss noch erwähnt werden, dass die Athmung verlangsamt und die einzelnen Athemzüge vertieft sind, die Pulsfrequenz verringert und eine Reihe von Secretionen vermindert ist. Schon PURKINJE [2] erwähnt des Trockenwerdens der Cornea eines Schläfrigen, welche das Reiben der Augen nöthig macht, um eine ausgiebigere Thränensecretion zu bewirken, auch die Speichelsecretion nimmt im Schlafe ab; ob ganz oder nur zum Theile in Folge der Ruhe der Kaumuskeln lässt sich freilich nicht bestimmen. Wer einen Nasenkatarrh hat, wird in dem Stadium, in welchem das Secret am reichlichsten fliesst und er stets das Sacktuch in der Hand haben muss, erfahren, dass das Fliessen aufhört, oder doch fast aufhört, sobald er eingeschlafen ist. Auch die Harnsecretion erscheint im Schlafe vermindert. [3]

Die Augen des Schlafenden sind nach ein- und aufwärts gerichtet, die Pupille verengt. Letztere erweitert sich beim Erwachen über das normale Maass und nähert sich diesem erst allmälig und unter Schwankungen ihrer Weite. [4]

Endlich sind an Thieren, sowie gelegentlich am Menschen Beobachtungen über die Circulationsverhältnisse im Gehirn und seinen Häuten im schlafenden und wachenden Zustande angestellt worden. Ohne auf diese in diesem Capitel näher eingehen zu können (sie werden in einem anderen besprochen werden) sei erwähnt, dass die oft sehr widersprechenden Angaben im Allgemeinen doch dahin führen, im Schlafe eine etwas geringere Füllung der Blutgefässe in der Schädelhöhle anzunehmen, als im wachenden Zustande.

Was die Ursachen des Schlafes anbelangt, so sind die An-



1 J. MÜLLER, Handb. d. Physiol. II. S. 587. Coblenz 1840.

2 PURKINJE, Wagner's Handwörterb. d. Physiol. unter „Schlaf“.

3 Vergl. QUINCKE, Ueber den Einfluss des Schlafes auf die Harnsecretion. Arch. f. experim. Pathol. VII. S. 115.

4 J. MÜLLER, Handb. d. Physiol. S. 583. Coblenz 1840.



sichten darüber ziemlich einig, dass dieselben in der Uebermüdung des Centralnervensystemes liegen, und dass dieses im Schlafe an Arbeitsfähigkeit gewinnt, sich restituirt.[1] Ueber die unmittelbare Ursache des Schlafes aber, d. h. über die physiologischen Veränderungen, welche als Ausdruck dieser Ermüdung den Schlaf im gegebenen Falle herbeiführen, gehen die Ansichten ungemein auseinander. Es wäre kaum möglich, alle die zum Theil sehr abenteuerlichen Theorien über den Schlaf anzuführen, welche seit den Zeiten der griechischen Philosophen aufgestellt wurden. Es giebt vielleicht kein Capitel der Physiologie, über welches so viel mit so wenig Resultat geschrieben wurde. Denn wir wissen von den unmittelbaren Ursachen des Schlafes auch heute noch nichts Sicheres.

Man neigt sich in neuerer Zeit einer chemischen Theorie des Schlafes zu. Die ersten Anfänge einer solchen scheinen von Alex. v. Humboldt[2] herzurühren, der vermuthete, sogar glaubte, dass im Schlafe weniger Sauerstoff vom Gehirne aufgenommen werde als im Wachen. Purkinje[3] sagt, man könne sich den Schlaf als den Ausdruck eines verminderten Sauerstoffgehaltes des Blutes vorstellen, ohne weiter eine Erklärung der einzelnen Erscheinungen auf diesem Wege zu urgiren. Es hängen diese Anschauungen offenbar mit der Erfahrung zusammen, dass das Bewusstsein schwindet, wenn der Sauerstoff des Hämoglobins verzehrt oder wenn er durch Kohlenoxydgas ersetzt ist. Es sind derartige Versuche wieder in neuester Zeit von Pflüger[4] angestellt worden, der zeigte, dass Frösche des Sauerstoffes beraubt erst „schlaftrunken“, dann scheintodt werden. Bietet man den Thieren dann wieder Sauerstoff, so erholen sie sich vollständig wieder, vorausgesetzt, dass sie nicht zu lange im bewegungslosen Zustande gehalten wurden.

Da schon der Mangel des Sauerstoffes im Blute Bewusstlosigkeit erzeugt, so ergiebt sich von selbst, dass mangelhafte oder ganz unterbrochene Blutzufuhr zum Gehirn ebenfalls bewusstlos macht. So Druck auf die Carotiden, starke Blutverluste und dergl. Fleming[5] hat beim Menschen durch Compression der Carotiden einen schlaf-

---

1 Anders dürfte es bei dem Winterschlaf sein. Hier scheint es vielmehr, dass die Natur im Schlafe ein Mittel gefunden hat, die Thiere über eine Zeit von Nahrungsmangel, mit möglichst geringem Schaden hinauszubringen.

2 v. Humboldt, Versuche über die gereizte Muskel- und Nervenfaser. Berlin u. Posen 1797.

3 Purkinje, Wagner's Handwörterb. d. Physiol. unter „Schlaf“.

4 Pflüger, Theorie des Schlafes. Arch. f. d. ges. Physiol. X und Ueber die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. ebendaselbst.

5 Fleming, Note sur la production du sommeil et de l'anesthésie des carotides. Rev. méd. française et étrangère. Juin 1855.



ähnlichen Zustand erzeugt. Ohnmachten können deshalb häufig behoben werden, wenn man den Ohnmächtigen in die horizontale Lage bringt, und dadurch das Einströmen des Blutes in das Gehirn erleichtert.

In all diesen und ähnlichen Fällen liegt aber die Frage nahe, haben wir es hier mit denselben Factoren zu thun, die den normalen Schlaf bedingen? Bewusstlosigkeit ist noch nicht Schlaf.

Obersteiner[1] dachte in folgender Theorie den normalen Verhältnissen des Schlafes besser Rechnung zu tragen. Analog wie im Muskel gewisse durch die Contraction entstandene chemische Stoffe, wie Milchsäure und Kreatin die unmittelbare Ursache der Ermüdung des Muskels sind, so zwar, dass die Ermüdung schwindet, wenn diese Stoffe aus dem Muskel ausgewaschen, und sogleich wieder auftritt, wenn diese Stoffe in den Muskel hineingebracht werden, ebenso meint Obersteiner werden Ermüdungsstoffe während dem Wachen im Gehirn gebildet und angehäuft, im Schlafe aus demselben durch das Blut herausgewaschen. Die Erfahrungen, dass die Nervenfasern, nachdem sie tetanisirt worden, sauer reagiren, sowie die Thatsachen von der sauren Reaction grauer Substanz führten Obersteiner zur Annahme, dass wir es auch im Centralnervensystem mit einer Säure als Ermüdungsstoff zu thun haben.

Preyer[2] vermuthete, dass diese Säure wie in den Muskeln Milchsäure ist, und stellte auch diesbezügliche Versuche an Thieren und Menschen an, indem er prüfte, ob milchsaures Natron in das Blut gebracht eine schlafmachende Wirkung ausübt. Die Resultate, die er und andere bei diesen Versuchen erhielten, sind bisher noch zu wenig übereinstimmend, um sie als Bestätigung jener Theorie ansehen zu können.[3] Die Periodicität des Schlafes ist vorläufig in diesen Theorieen nicht erklärt.

Die Anschauungen Pflüger's über den Schlaf[4] lassen sich nur in Verbindung seiner Theorie des Lebens[5], für welche hier nicht der Platz ist, darstellen.[6]

---

1 Obersteiner, Zur Theorie des Schlafes. Ztschr. f. Psych. etc. XXIX.

2 Preyer, Ueber die Ursachen des Schlafes. Vortrag. Stuttgart bei Enke. 1877 und Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. S. 577.

3 Vergl. Loth. Meyer, Arch. f. pathol. Anat. LXVI; Mendel, Deutsche med. Wochenschr. v. 29. April 1876; Jerusalimsky, St. Petersb. med. Wochenschr. 1876. Nr. 11; Laufenauer, Pester med. chirurg. Presse v. 30. Juli 1876; Erler, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876; Senator, Berliner klin. Wochenschr. v. 17. Juli 1876; Fischer, Zeitschr. f. Psychiatrie. XXXIII.

4 Pflüger, Theorie des Schlafes. Arch. f. d. ges. Physiol. X. 468.

5 Derselbe, Ueb. d. physiol. Verbrenn. i. d. lebend. Organ. Ebendas. X. S. 300.

6 Vergl. nebst den angeführten Schriften über den Schlaf: Joh. Ziehl, De somno. Inaug.-Diss. Erlangen 1818, enthält alte Literatur über den Schlaf; Byfort,

Anschliessend an die Lehre vom Schlafe mögen hier noch die Erscheinungen des sogenannten Hypnotismus erwähnt werden. Wer je einen Vogel mit der Hand gefangen hat, wird sich erinnern, dass derselbe, sobald er ergriffen ist, lebhafte Fluchtversuche macht, nach wenigen Secunden aber sich, wie es den Anschein hat, in sein Schicksal ergiebt, ruhig liegen bleibt, sich wenden und drehen lässt, ohne weitere Bewegungen zu versuchen, ja man kann jetzt sachte die Hand öffnen und er bleibt liegen, man kann ihn auf den Tisch legen und er bleibt, wenn man ihn nur erst eine Weile festgehalten und dann vorsichtig losgelassen, auch hier und zwar auch in den unnatürlichsten Stellungen, wie man sie ihm eben gegeben hat, liegen. Erst nach einer Weile springt er auf und entflieht, ohne dass weiter irgend eine auffallende Erscheinung an ihm zu bemerken ist.

Dieses Phänomen, das mit verschiedenen Zuthaten seit Jahrhunderten im Volke bekannt, zuerst im Jahre 1636 von Daniel Schwentner[1] beschrieben worden zu sein scheint, bildet die mehr oder weniger versteckte Grundlage des sogenannten Experimentum mirabile Kircher's.[2] Dieses bestand in Folgendem: ein Huhn wird an den Füssen gefesselt, dann hält man es auf dem Fussboden so lange fest bis es sich beruhigt hat. Darauf wird vor dem Schnabel ein Kreidestrich gezogen, die Binde um die Füsse weggenommen, und jetzt bleibt es noch eine Weile regungslos liegen. In neuerer Zeit hat

---

On the Physiologie of repose or sleep. The Amer. journ. of med. Sc. April 1856, und Gazette médicale de Paris. No. 16. 17. 23, enthält eine Theorie, begründet auf die Wirkung des Sauerstoffs; Fowler, On the state of the mind during sleep. Report of the Brit. Assoc. at Belfast 1853. p. 80, enthält subject. Erscheinungen; Kästner, De somno. Halis 1853; Rölen, De somno. Dissert. Bonn 1849, enthält vivisect. Beobachtungen; Eine anonyme Abhandlung: Einige Beobachtungen üb. d. Schlaf. Wiener med. Wochenschr. 1870. Nr. 32, erklärt den Schlaf für eine Folge von Kohlensäureanhäufung im Gehirn; Adkinson, An inquiry as to the cause of sleep. Edinburgh med. journ. 1870. p. 109; Kohlschütter, Mechanik des Schlafes. Ztschr. f. rat. Med. XXXIV, enthält eine chemische Theorie, basirt auf Circulationsverhältnisse; Hammond, On Wakefulness with an introd. chapt. on the Physiology of sleep. Philadelphia, Lippincott et Comp. 1866, enthält vivisectorische Beobachtungen, Fechner, Elem. d. Psychophysik. II. S. 439; Durham, The physiology of sleep. Guy's Hospital Report. 1860. p. 148 und Études physiologiques sur le sommeil. Arch. génér. 1861. p. 637, enthält vivisectorische Beobachtungen; Tebaldi, Del sogno. Annali universali di medicina. p. 552. Decembre 1860; Brevost, Biblioth. univ. 1834 Mars, enthält Beobachtungen über Träume; Friedländer, Vers. über die inneren Sinne u. ihre Anomalien. Leipzig 1826; Richardson, On the influence of extreme cold on nervous function, und On the balance of nervous action. Medical times and gazette. 1867. May. p. 489. 517. 545. July. p. 57. Aug. p. 113, 167. 221; Nudow, Versuch einer Theorie des Schlafes. Königsberg bei Nicolovius. 1792; Davidson, Ueber d. Schlaf. Berlin bei Felisch. 1796; Gottel, Somni adumbratio physiol. et pathol. Berlin 1819.

1 Schwentner, Deliciae physicomathematicae. Nürnberg 1636. Vergl. Preyer, Sammlung physiol. Abhandl. 2. Reihe: Die Kataplexie und der thierische Hypnotismus. Jena 1878.

2 Kircher, Ars magna lucis et umbrae. Romae 1646.

Czermak[1] dieser Erscheinung wieder die Aufmerksamkeit der Physiologen zugewendet, und zunächst constatirt, dass Kreidestrich und Fesselung entbehrlich sind, dass es sich vielmehr nur darum handle, das Thier so lange festzuhalten, bis es seine Bewegungen einstellt. Dabei ist es vortheilhaft, den Kopf gerade ausgestreckt auf der Unterlage zu fixiren.

Auffallend und sonderlich ist es, dass die Thiere in Stellungen verharren, bei welchen gewisse Muskelgruppen stark contrahirt sind, z. B. ein Bein krampfhaft an den Leib gezogen, das andere ebenso von sich gestreckt, dass ein Huhn in diesem Zustande um seine Körperaxe gedreht, den Kopf in seiner Orientirung im Raume belässt (natürlich nur bis zu einer gewissen Grenze), also im Halse eine compensirende Drehung ausführt, dass es durch ein Geräusch veranlasst eine kleine Bewegung macht und in der neuen Stellung nun ebenso noch minutenlang verharrt, bis es endlich durch einen plötzlichen Sinnesreiz oder auch ganz von selbst aus diesem Zustande erwacht. Czermak nennt diesen Zustand einen „hypnotischen Zustand“. Er fand weiter, dass der Kreidestrich in Kircher's Experiment zwar entbehrlich, aber doch nicht ganz ohne Bedeutung ist. Brachte er nämlich auffallende Objecte nahe vor die Augen der Hühner, klebte z. B. einen Kork auf den Schnabel, oder hing ein „Reiterchen“ aus Pappe so über den Kamm, dass je ein Schenkel vor ein Auge kam, so verfielen die Thiere leichter in den hypnotischen Zustand und schliefen sogar förmlich ein, so zwar, dass sie die Augen schlossen, und der Muskelzug nachliess. Dieser Schlaf dauerte freilich nicht lange. Dabei kann man Erscheinungen, welche an Katalepsie erinnern, beobachten, indem man z. B. den Hals eines hypnotischen Thieres heben, senken, horizontal ausstrecken kann, und er, nachdem man ausgelassen, in der gegebenen Stellung verharrt. Czermak dehnte diese Versuche auf Cochinchina- und andere Hühnerraçen aus, ferner auf Truthühner, Enten, Gänse, einen Schwan, kleine Singvögel und Tauben.

Auch Fluss-Krebse lassen sich hypnotisiren. Auf den Kopf gestellt, bleiben sie in der wunderlichen Stellung stehen.

Preyer[2], der diese Versuche wiederholte und mit gleichem Erfolg auf Kaninchen, Meerschweinchen und andere Thiere ausdehnte (mit Hunden gelingt der Versuch nicht), bestätigt das Thatsächliche derselben in allen wesentlichen Punkten. Er glaubt in dem eigen-

---

1 Czermak, Sitzgsber. d. Wiener Acad. LXVI. 3. Abth. und Arch. f. d. ges. Physiol. VII. 1873.
2 Preyer, Centralbl. f. d. med. Wiss. 15. März 1873.



thümlichen bewegungslosen Zustande eine Wirkung der Angst zu bemerken, eine Deutung, welche, wenn wir uns von dem Begriff der rein geistigen Affecte frei halten wollen, wohl dahin zu verstehen ist, dass dieser Zustand mit zu jenen physiologischen Aeusserungen gehört, deren Inbegriff gemeinhin mit dem Namen Angst bezeichnet wird. Preyer schlägt, seiner Anschauung entsprechend, statt des Namens Hypnotismus den Namen Kataplexie vor.[1] Die Temperatur sinkt in diesem Zustande um mehrere Grade; auch geblendete Thiere oder solche, welche durch eine Kopfkappe am Sehen verhindert sind, gerathen in diesen Zustand.

Heubel[2], der sich auch mit unserem Gegenstande beschäftigte, fand, dass Frösche bis sechs Stunden im hypnotischen Zustande erhalten werden können, wenn nur äussere Reize, so weit dies möglich ist, fern gehalten werden. Entfernt man ihnen das Grosshirn, so gerathen sie ebenso leicht wie früher, entfernt man auch die Lobi optici und Vierhügel, gerathen sie weniger leicht in den hypnotischen Zustand. Die hypnotischen Thiere fand Heubel in vieler Beziehung sich ähnlich den schlafenden verhalten, und meint demnach, dass man es hier mit einem wahren normalen Schlaf zu thun hat.

B. SPECIELLE PHYSIOLOGIE.

Anatomische Vorbemerkungen.

Die Gehirnrinde bildet einen Mantel grauer Substanz, welcher die radiär aus dem Gehirnstamm ausstrahlenden Fasern der weissen Markmasse einhüllt und in sich aufnimmt. Sie enthält sämmtliche Enden, beziehungsweise Anfänge jener Markfasern.

Ohne uns hier näher auf die feinere Anatomie der Hemisphäre einlassen zu können, sei nur hervorgehoben, welche Faserzüge es

---

1 Sammlung physiol. Abhandl. Herausg. v. Preyer. 2. Reihe. 1. Heft. Diese Abhandlung enthält photographische Abbildungen von hypnotischen Thieren, die theils von Czermak (diese in lithographischer Reproduction), theils vom Autor herrühren.

2 Heubel, Ueber die Abhängigkeit des wachen Gehirnzustandes von äusseren Erregungen. Arch. f. d. ges. Physiol. XIV.

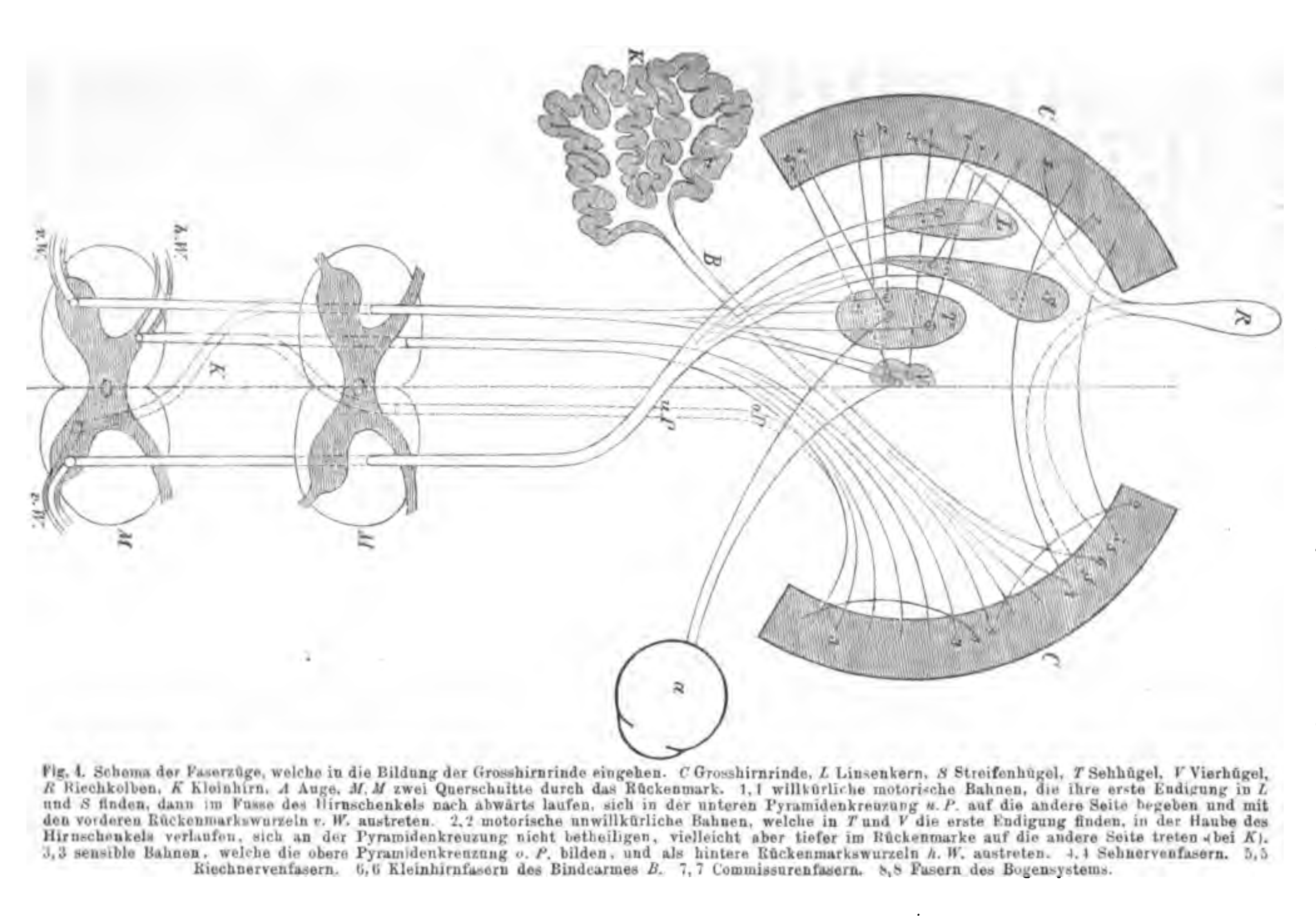


Fig. 4. Schema der Faserzüge, welche in die Bildung der Grosshirnrinde eingehen. *C* Grosshirnrinde, *L* Linsenkern, *S* Streifenhügel, *T* Sehhügel, *V* Vierhügel, *R* Riechkolben, *K* Kleinhirn, *A* Auge, *M*, *M* zwei Querschnitte durch das Rückenmark. 1,1 willkürliche motorische Bahnen, die ihre erste Endigung in *L* und *S* finden, dann im Fusse des Hirnschenkels nach abwärts laufen, sich in der unteren Pyramidenkreuzung *u. P.* auf die andere Seite begeben und mit den vorderen Rückenmarkswurzeln *v. W.* austreten. 2,2 motorische unwillkürliche Bahnen, welche in *T* und *V* die erste Endigung finden, in der Haube des Hirnschenkels verlaufen, sich an der Pyramidenkreuzung nicht betheiligen, vielleicht aber tiefer im Rückenmarke auf die andere Seite treten (bei *K*). 3,3 sensible Bahnen, welche die obere Pyramidenkreuzung *o. P.* bilden, und als hintere Rückenmarkswurzeln *h. W.* austreten. 4,4 Sehnervenfasern. 5,5 Riechnervenfasern. 6,6 Kleinhirnfasern des Bindearmes *B*. 7,7 Commissurenfasern. 8,8 Fasern des Bogensystems.

sind, die in die Bildung der Grosshirnrinde eingehen [1] (vergl. das Schema Fig. 4).

a) Die motorischen Stabkranzfasern, welche von den vier grossen Gehirnganglien Thalamus opticus, Corpus quadrigeminum, Corpus striatum und Nucleus lentiformis (Sehhügel, Vierhügel, Streifenhügel und Linsenkern) nach der Hirnrinde ausstrahlen. Diese Fasern zerfallen ihrer Herkunft und ihrer physiologischen Bedeutung nach in zwei Gruppen. Die erste Gruppe (*2, 2*) besteht aus den dem Sehhügel (*T*) und Vierhügel (*V*) angehörigen Fasern; sie verlaufen, nachdem sie diese Ganglien passirt haben, in der Haube des Hirnschenkels nach abwärts, betheiligen sich nicht an der Pyramidenkreuzung, kreuzen sich aber wahrscheinlich weiter unten (bei *K*) im Rückenmarke. Sie treten in die graue Substanz desselben ein, erleiden auch hier ihre centralen Umwandlungen, und verlassen dann diese wieder, um mit den vorderen Wurzeln (*v. W.*) aus dem Rückenmarke auszutreten. Es stellen diese Fasern die Bahnen für die unwillkürlichen Bewegungen dar (Meynert). Die zweite Gruppe (*1, 1*) gehört dem Streifenhügel (*S*) und Linsenkern (*L*) an; die Fasern derselben verlaufen, nachdem sie diese Ganglien unter entsprechender centraler Veränderung durchsetzt, im Fusse des Hirnschenkels, bilden dann die untere Pyramidenkreuzung [2] (*u. P.*), treten ebenfalls in die graue Substanz des Rückenmarkes ein, und verlassen dieselbe wieder, um auch als motorische Fasern mit den vorderen Wurzeln die Peripherie zu gewinnen. Es sind diese die Bahnen für die willkürlichen Bewegungen (Meynert). Die Thatsache, dass von der Hirnrinde her durch den Stabkranz viel mehr Fasern in die Stammganglien eintreten als auf der peripheren Seite derselben durch die Pedunculi austreten, wird so gedeutet, dass in den Ganglien eine Reduction der Fasern stattfindet, und ähnlich die Thatsache, dass durch die Medulla oblongata weniger Fasern in das Rückenmark gelangen, als durch die Wurzeln dasselbe verlassen, so, dass in der grauen Substanz des Rückenmarkes eine Vermehrung der Fasern statt hat. [3]

Ein analoges Verhalten wie die hier beschriebenen Rücken-

1 Vergl. hierüber Meynert's Abhandl. in Stricker's Handb. der Lehre von den Geweben. S. 695. Leipzig 1871.

2 Nach Flechsig (Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. Leipzig 1876) nimmt nur ein Theil dieser Fasern an der Pyramidenkreuzung Theil. Dieser Forscher hat auch über die Stellung der Stammganglien Ansichten ausgesprochen, welche von den hier mitgetheilten abweichen. (Vergl. weitere Beobachtungen über den Faserverlauf innerhalb der nervösen Centralorgane. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1877. S. 35 u. über Systemerkrankungen im Arch. d. Heilk. 1877.)

3 Vergl. Woroschiloff, Der Verlauf der motor. und sensibl. Bahnen durch das Lendenmark des Kaninchens. Leipzig, Ges. d. Wiss. 1874 u. in d. Arbeiten d. physiol. Anstalt zu Leipzig. 1874.

marksnerven, zeigen im Allgemeinen die motorischen sogenannten Gehirnnerven, für welche die centrale Fortsetzung der grauen Substanz des Rückenmarkes dieselbe Bedeutung hat, wie diese graue Substanz selbst für die Rückenmarksnerven.

b) Die durch die hinteren Wurzeln (*h. W.*) in das Rückenmark eintretenden sensibeln Bahnen erfahren eine erste Endigung in der grauen Substanz desselben, kreuzen sich früher oder später, zum Theile in der oberen Pyramidenkreuzung (*o. P.*) und strahlen dann, ohne in ein Stammganglion überzugehen, nach der Rinde aus (Meynert). Auch hier zeigen die sensibeln Gehirnnerven ein Verhalten, das den sensibeln Rückenmarksnerven entspricht.

Ferner treten die Fasern aus dem Tractus olfactorius theils nach ihrer Kreuzung [1], theils ohne auf die andere Seite zu treten, zur Rinde (*5, 5*); ebenso Fasern aus dem Tractus opticus, nachdem sie theils den Thalamus opticus, theils die Corpora geniculata, theils den vorderen Vierhügel passirt haben (*4, 4*). Einen directen Eintritt von Acusticusfasern in die Rinde kennen wir nicht, auch über einen indirecten haben wir keine sichere Kenntniss.

c) Fasern, welche aus dem Kleinhirn durch den Bindearm (*B*) gekreuzt nach der Rinde des grossen Gehirns ziehen (*6, 6*).

d) Die Fasern der Commissuren, deren grösste der Balken ist (7, 7). Er verbindet symmetrisch gelegene Partien der Rinde beider Seiten mit einander.

e) Die Bogenfasern, welche unter der Rinde verlaufend je zwei Rindenstellen einer Seite mit einander verbinden (*8, 8*).

Der mikroskopische Bau der Grosshirnrinde [2] ist nach den Oertlichkeiten derselben ein verschiedener. Wenn wir absehen vom Stützgewebe und den Blutgefässen, so haben wir es hier mit einem überaus schwer verständlichem Gewebe feinster Nervenfasern und im Allgemeinen sehr kleiner Ganglienzellen zu thun. Jene Verschiedenheit manifestirt sich dadurch, dass die Anordnung der Nervenzellen sowie ihre Grösse variirt.

Meynert [3] unterscheidet fünf Typen der Grosshirnrinde:

1. Der gemeinsame Typus der Convexität der Hemisphäre. Er betrifft den grössten Theil der Rinde.
2. Der Typus der Hinterhauptsspitze.
3. Der Typus der Sylvi'schen Grube.

---

1 Diese Kreuzung wird von vielen Autoren geleugnet.

2 Vergl. Meynert, Der Bau der Grosshirnrinde und seine örtliche Verschiedenheit etc. Vierteljahrschr. f. Psychiatrie. 1867. 1. Heft.

3 Stricker's Handb. d. Lehre v. d. Geweben. S. 703. Die hier mitgetheilte Schilderung des Baues der Hirnrinde hält sich streng an Meynert.

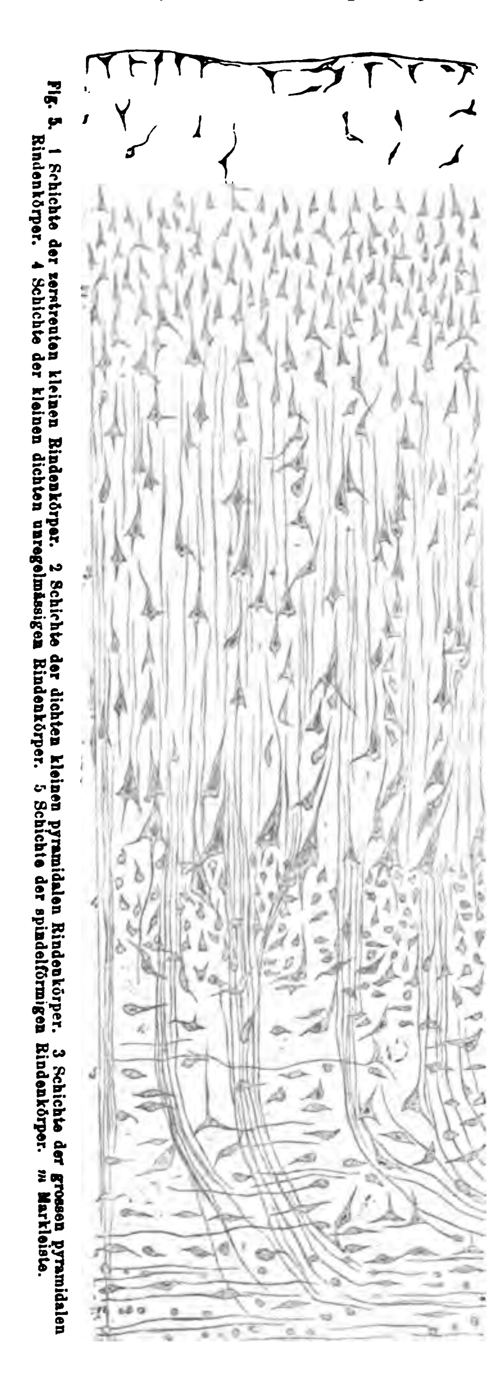


Fig. 5. 1 Schichte der zerstreuten kleinen Rindenkörper. 2 Schichte der dichten kleinen pyramidalen Rindenkörper. 3 Schichte der grossen pyramidalen Rindenkörper. 4 Schichte der kleinen dichten unregelmässigen Rindenkörper. 5 Schichte der spindelförmigen Rindenkörper. m Markleiste.

4. Der Typus des Ammonshornes.

5. Der Typus des Bulbus olfactorius.

Es kann hier nicht unsere Aufgabe sein, alle diese örtlichen Verschiedenheiten kennen zu lernen. Es sei deshalb nur von dem ersten Typus als dem verbreitetsten die Rede.

Hier lassen sich in der Hirnrinde fünf Schichten erkennen (vergl. Fig. 5).

Die äusserste erste Schichte enthält in ihrem granulirten Grunde verhältnissmässig spärliche unregelmässig gestaltete und ebenso gelagerte Nervenzellen mit feinen verzweigten Fortsätzen. Sie hat eine Dicke von 0,25 Mm. und soll der Hauptsache nach aus Stützgewebe bestehen. Es stimmt hiermit die Angabe Meynert's überein, dass bei vielen Thieren diese Schichte nicht nur relativ, sondern auch absolut mächtiger entwickelt ist, als beim Menschen.

Die zweite Schichte, ebenso dick wie die erste, und von dieser nicht scharf getrennt, ist durch eine verhältnissmässig grosse Menge pyramidenförmiger, mit ihrer Spitze nach aussen sehender ziemlich kleiner Ganglienzellen charakterisirt. Das Wort Pyramide ist hierbei nicht im strengsten Sinne zu nehmen, vielmehr hat man es

hier mit länglichen Zellen zu thun, welche einen relativ starken Fortsatz gegen die erste Schichte schicken, aber ausser diesem noch eine Reihe von Vorsprüngen und Fortsätzen haben.

Die dritte Schichte, zwischen 0,7—0,8 Mm. schwankend, ist noch weniger scharf von der zweiten geschieden, als diese von der ersten. Sie enthält ähnliche Pyramidenzellen wie die zweite Schichte, diese aber spärlicher vertheilt, grösser und nach der Tiefe an Grösse stetig zunehmend.

Die vierte Schichte, von ähnlicher Mächtigkeit wie die erste und zweite, enthält ziemlich dicht aneinander gedrängt polygonale Zellen von geringer Grösse (8—10 μ), mit verzweigten, schwer sichtbaren Fortsätzen.

Die fünfte Schichte ist charakterisirt durch Spindelzellen, welche an beiden Enden deutliche Fortsätze haben. Sie liegen mit ihrer Längsaxe immer in der Richtung der sogenannten Bogenfasern, d. i. der Fasern, welche der Hauptmasse nach hart unter der Rinde verlaufend, die Verbindung eines Rindenbezirkes mit einem benachbarten herstellen. Feine Fortsätze, welche von ihrem Körper senkrecht auf dessen Längsaxe abgehen, sah Meynert immer nach den äusseren Schichten der Rinde streben, so dass diese Zellen, da auch die beiden Hauptfortsätze sich nie nach dem Stabkranz wenden, mit diesem direct nichts zu thun zu haben scheinen. Dieser Forscher hält sie vielmehr für Schaltzellen der Bogenfasern.

Es braucht kaum erwähnt zu werden, dass die sämmtlichen Schichten einen Filz feinster Nervenfasern, eben der Fortsätze der geschilderten Zellen enthalten. In demselben werden in der dritten Schichte Bündel parallel verlaufender Fäserchen sichtbar, welche der weissen Substanz zustreben und indem sie die vierte und fünfte Schichte durchsetzen, deutlicher und mächtiger werden. Sie treten als deutliche Bündel in Abständen von 0,05—0,15 Mm. aus der Rinde in das Mark über, um hier die Stabkranzfasern zu bilden.

Von der äusseren Form des Gehirnes, sowie von gewissen histologischen Vorkommnissen soll dann die Rede sein, wenn uns die physiologischen Besprechungen zu denselben führen.

ERSTES CAPITEL.

Specielle Physiologie der Grosshirnrinde der Thiere.

Die Lehren Gall's[1], welche im Anfange unseres Jahrhunderts alle Gemüther erregten, hatten unter den exacten Forschern die Frage nach der Localisation der Gehirnfunctionen so sehr in Misscredit gebracht, dass sie bis vor wenigen Jahren gar nicht mehr ernstlich discutirt wurde. Man hatte sich an den Gedanken gewöhnt, dass die verschiedenen Bezirke der Gehirnrinde ihrer Function nach gleichwerthig seien, und wurde in demselben durch viele, unten ausführlicher zu erwähnende, Fälle von Gehirnverletzungen an Menschen bestärkt, welche grösstentheils ohne Ausfall irgend einer speciellen dem Gehirn zugeschriebenen Function verliefen und heilten.

Auch Versuche an Thieren schienen diese Anschauung zu bestätigen, so dass sich die hervorragendsten Experimentatoren aus der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts Flourens[2] und Longet[3] in demselben Sinne aussprachen.

Ebenso äusserte sich noch in den letzten Jahren Goltz[4], obwohl in der Zwischenzeit Umstände bekannt wurden, welche, freilich in ganz anderem Sinne als es den Gall'schen Lehren entsprach, auf eine Localisation der Hirnfunctionen deuteten. Es waren dies der Nachweis Broca's[5] und anderer, dass mit der Degeneration einer gewissen ziemlich eng umgrenzten Region der Hirnrinde das Sprachvermögen verloren geht, sowie die auf anatomischen Studien beruhende Anschauung Meynert's, der entsprechend, die vordereren Antheile der Gehirnrinde mehr den motorischen, die hinteren Antheile derselben mehr den sensiblen Functionen vorstehen. Hieran reiht sich noch eine Anzahl von Krankheitsfällen, welche für die Localisation sprach.

---

1 Gall und Spurzheim, Anatomie et physiologie du système nerveux. Paris 1810—1819, und Anat. u. Physiol. d. Nervsyst. im Allgem. u. d. Gehirns insbes. Mit Beobachtung. üb. d. Möglichk. d. Anlagen mehrerer Geistes- u. Gemüthseigenschaften a. d. Bau d. Kopfes d. Menschen u. d. Thiere zu erkennen. Paris u. Strassburg, Trenttel u. Würtz. 1812.

2 Flourens, Rech. expérim. sur les propr. et les fonct. du syst. nerv. Paris 1842.

3 Longet, Anat. u. Physiol. d. Nervensystems. Uebers. v. Hein. 1847. Vergl. insbes. Bd. I. S. 559 ff.

4 Goltz, In den oben (S. 203) besprochenen Abhandlungen. Arch. f. d. ges. Physiol. XIII. u. XIV.

5 Von dem unten noch ausführlicher die Rede sein wird.

So standen die Dinge als im Jahre 1870 Fritsch und Hitzig[1] mit ihren epochemachenden Versuchen über die elektrische Erregbarkeit der Grosshirnrinde hervortraten, welchen eine Reihe von Untersuchungen Hitzig's[2], die dasselbe oder einschlagende Themata behandelten, folgten.

Die Thatsachen, welche Fritsch und Hitzig fanden, sind so vieldeutig, die Fragen, welche sich an dieselben knüpften, so mannigfaltig, die Versuche, welche alsbald von einer grossen Anzahl Experimentatoren zu ihrer Beantwortung ausgeführt wurden, in so abweichenden Richtungen angestellt, dass die Darstellung alles dessen auf grosse Schwierigkeiten stösst, auf Schwierigkeiten, die alsbald schwinden würden, wenn der leitende Faden, der alle diese Thatsachen zusammenhält, schon gefunden wäre. Dies ist bisher nicht der Fall. Wie so oft in dem Grenzgebiet zwischen Physiologie und Psychologie stehen auch hier die verschiedensten Anschauungen nebeneinander und die Neuheit des Gegenstandes sowie seine Wichtigkeit lassen täglich neue Untersuchungen erwarten. Unter diesen Verhältnissen ist es nicht zu vermeiden, dass die folgende Darstellung nur eine höchst unvollkommene ist. Sie sucht sich auf das Thatsächliche zu beschränken und alle eigentlichen Erklärungsversuche bei Seite zu lassen oder doch nur so weit es die Vollständigkeit der Angaben erfordert, zu erwähnen. Es dürfte zweckmässig sein, von den fundamentalen Versuchen Hitzig's auszugehen, diese etwas genauer ins Auge zu fassen und erst dann von den übrigen Untersuchungen auf diesem Gebiete zu sprechen.

I. Motorische Rindenfelder bei Thieren.

1. Die Versuche von Hitzig und Fritsch.

Setzt man bei lebenden Thieren auf die freigelegte Grosshirnrinde nahe aneinander zwei Elektroden auf und tastet mit denselben die Oberfläche ab, so gewahrt man, dass in Folge des elektrischen Reizes sich gewisse Muskelgruppen der der gereizten Hemisphäre entgegengesetzten Körperhälfte contrahiren, und dass zu gewissen Reizstellen gewisse Muskelgruppen gehören. Exstirpirt man die Stelle der Rinde, bei deren Durchströmung eine Muskelgruppe, z. B. die eines Vorder-

1 Fritsch und Hitzig, Ueber die elektrische Erregbarkeit der Grosshirnrinde. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870.

2 Hitzig, Untersuchungen zur Physiologie d. Gehirns. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1871. 1873. 1874. 1875. 1876. Zum Theil zusammengestellt in dem Werke Hitzig's, Untersuchungen über das Gehirn. Abhandlungen physiol. u. pathol. Inhaltes. Berlin bei Hirschwald. 1874.



beines in Bewegung kam, so gewahrt man, nachdem sich das Thier von der Operation erholt hat, eine eigenthümliche Bewegungsstörung im Vorderbein.

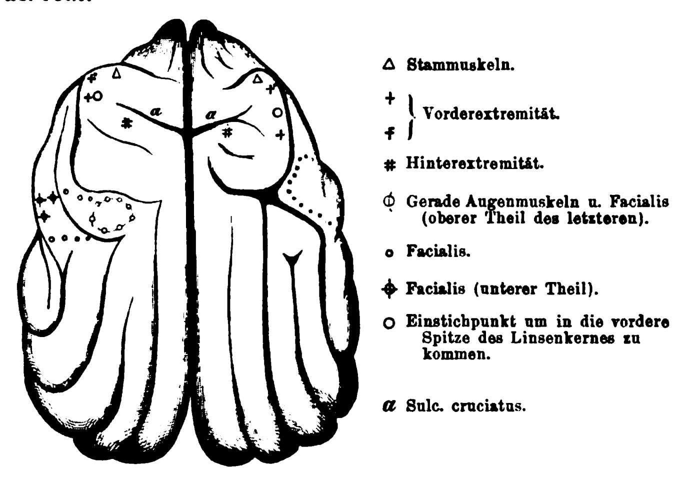


Fig. 6. Die motorischen Rindenfelder des Hundehirns. Die linke Hemisphäre gehört einem Pinscher, die rechte einem Bulldoggenbastard an.

Wir fassen zuerst die Reizungsversuche ins Auge.

In Fig. 6 ist (nach Hitzig[1]) ein Hundegehirn von oben gesehen dargestellt, dessen linke Hemisphäre einem Pinscher und dessen rechte einem Bulldoggenbastard angehört. Es ist die mit einem Dreieck bezeichnete Stelle diejenige, von welcher aus die Stammmuskeln der anderen Seite in Erregung versetzt werden können, mit einem Kreuzchen ist der Rindenort für die Beugung und Rotation der Vorderbeine bezeichnet, mit dem Kreuzchen nebst Punkt der für die Extensoren und Adductoren derselben Extremitäten. Das mit einem Gleichheitszeichen gekreuzte Paralellzeichen steht am Rindenort für die Muskeln der hinteren Extremitäten. Alle diese Rindenorte liegen im vorderen Theil der Hemisphäre um das Ende des sogenannten Sulcus cruciatus (a). Die oberhalb der Sylvi'schen Grube gezeichneten Orte bedeuten die vom Facialis versorgten Muskeln nebst den Augenmuskeln, und zwar die ganze von Punkten umgebene Fläche die des ganzen Facialis, die mit doppelt geschwänzten Punkten umgebene Fläche den Theil der Facialismuskulatur, welcher um das Auge gelegen ist, nebst den geraden Augenmuskeln.[2] Diese in der Peripherie

1 Hitzig, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. Taf. IX B.

2 Es verdient besonders hervorgehoben zu werden, dass auch bei den Augenmuskeln die Wirkung eine gekreuzte ist, und dass im Gegensatz zu der Wirkung, welche Reizung der Vierhügel hat, das Auge derselben Seite in Ruhe bleibt.

durch getrennte Nerven vertretenen Muskeln sind nämlich von diesem gemeinschaftlichen Rindenfeld aus zu innerviren. Endlich umstellen die vierfach geschwänzten Punkte das Rindenfeld für die dem Facialis angehörenden Muskeln der unteren Gesichtshälfte. Reizung dieses Facialisfeldes ruft, wie KÜLZ[1] gezeigt hat, keine Speichelsecretion hervor.

Die Art der Reizung ist folgende: Zwei mit kleinen Knöpfchen versehene Platindrähte werden, nachdem die Dura entfernt ist, vorsichtig auf die pia mater aufgesetzt. Die beiden Drähte sind in einem passenden gemeinschaftlichen Träger befestigt und der Abstand ihrer Knöpfchen beträgt gewöhnlich 2—3 Mm. Die Oeffnung eines DU BOIS'schen Schlüssels lässt durch dieselben einen Strom kreisen, der gewöhnlich nicht stärker ist, als dass er, wenn die Knöpfchen auf die Zunge gesetzt werden, in derselben eine eben merkliche Schliessungs-Empfindung hervorruft.

Bei jeder Schliessung des Stromes (also Oeffnung des Schlüssels) entsteht in der zu dem betreffenden Rindengebiete gehörigen Muskelgruppe eine ziemlich schnell vorübergehende Zuckung. Schliesst man den Strom durch Aufsetzen der Elektroden, so braucht man, um denselben Reizeffect zu erzielen, einen etwas stärkeren Strom. Metallische Umkehrung des Stromes ergiebt eine relativ starke Muskelzuckung bisweilen sogar Tetanus. Jede Elektrode macht den Ort ihrer Wirkung für sich selbst unerregbarer, und erregbarer für die andere Elektrode. Der Effect der Anode ist ein kräftigerer als der der Kathode, ja bei minimalen Stromstärken scheint überhaupt nur die Anode zu wirken. Setzt man z. B. die Anode auf den Rindenort der Strecker, die Kathode auf den der Beuger der vorderen Extremität, so ergiebt Schliessung des Stromes, Streckung des Beines; kehrt man jetzt den Strom um, so erhält man Beugung und so kann man oftmals abwechseln. Es kommt dieser Umstand bei genauer Ausführung der in Rede stehenden Versuche wesentlich in Betracht, weil man mit schwachen Strömen arbeiten muss, den Rindenort für eine gewisse Bewegung also immer an der Stelle der Anode zu suchen hat.

Reizt man nicht durch einmalige Schliessung, sondern mit tetanisirenden Inductionsströmen, so ist das Ergebniss, wenn man auch hier bei den schwächsten wirksamen Reizen bleibt, kein ganz constantes. Häufig erzeugt diese Reizung tonische Contraction in der betreffenden Muskelgruppe, häufig aber lässt diese Contraction so-

---

1 KÜLZ, Steht das sogenannte Facialiscentrum in Beziehung zur Speichelsecretion? Centralbl. f. d. med. Wiss. 1875. Vergl. hierüber auch LÉPINE, Gaz. méd. d. Paris. 1875. No. 27 und ECKHARD, in dessen Beiträge z. Anat. u. Physiol. VII; ferner BOCHEFONTAINE, Compt. rend. Vol. 83 und Arch. d. physiol. norm. et pathol. 1876.

gleich nach ihrem Beginne an Intensität nach, oft schwindet sie trotz weiterer Reizung fast vollständig. Hört man zu reizen auf, so zeigen sich gelegentlich Nachbewegungen, die betreffende Muskelgruppe zittert noch eine Weile fort, ja es kommt vor, dass sich diese Bewegungen auf andere Muskelgruppen fortsetzen und dass sie zu Krämpfen, epileptischen Anfällen führen.[1]

Es ist schon erwähnt worden, dass eigenthümliche Motilitätsstörungen eintreten, wenn man einem Thiere ein Stück Hirnrinde exstirpirt, welches ein motorisches Feld enthält. Entfernt man z. B. das Rindenfeld für die vordere Extremität, so zeigt das Thier, nachdem es sich von der Operation erholt hat, Erscheinungen, welche in hohem Grade mit jenen Bewegungsstörungen übereinstimmen, die wir bei Gelegenheit der Goltz'schen Hirn-Zerstörungsversuche (S. 204) kennen gelernt haben. Die Thiere setzen beim Laufen das Bein der der operirten Seite entgegengesetzten Körperhälfte ungeschickt auf, sie stossen mit demselben an einem wenige Centimeter über dem Boden gespannten Seile an, beim Stehen und Sitzen rutscht dasselbe leicht nach aussen, es wird mit dem Dorsum statt mit der Volarseite aufgesetzt u. s. w. Es ist also der Schluss gerechtfertigt, dass jene Störungen in den Goltz'schen Versuchen ihren Grund in der Vernichtung eben jenes kaum mehr als linsengrossen Rindenfeldes haben.

Eine Reihe von Versuchen[2] ergab, dass jene Motilitätsstörungen nicht eintraten, wenn die Verwundung und die derselben folgenden destruirenden Consecutiverkrankungen, auf die vor den angegebenen Rindenfeldern gelegenen Gehirnwindungen beschränkt blieben. Hingegen zeigt sich hier, sowie bei grösseren Verletzungen im Hinterhirn auch ein auf Motilität bezügliches Symptom, das (Hitzig als Defect der Willensenergie bezeichnet, und) darin besteht, dass das Thier einer passiven Bewegung des der operirten Seite entgegengesetzten Beines zwar keinen merklichen Widerstand entgegensetzt, dass es dasselbe aber, sobald es wieder freigelassen wird, maschinenmässig in die natürliche Stellung zurückbringt. Griff aber die Verletzung oder die durch dieselbe gesetzten Insulten in das Bereich jener Rindenfelder, so traten die viel auffallenderen, oben geschilderten Motilitätsstörungen auf, die Beine wurden ungeschickt aufgesetzt, die Thiere traten mit der betreffenden Vorderpfote über den Tischrand; hält man sie an zwei Hautfalten des Rückens frei in der Luft, so

1 Diese epileptiformen Krämpfe sind später von Albertoni genauer studirt worden. (Influenza del cervello nella produzione dell' epilepsia. Rendiconto del gabin. di fisiol. d. Siena. II. 1876.) Vergl. auch Luciani e Tamburini, Ric. sperim. sulle funzioni del cervello. Riv. sperim. di Freniatria n di Medic. p. 69 u. 225. by 1878.

2 Hitzig, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874.

zeigen die kranken Extremitäten eine eigenthümliche Abweichung von der normalen Richtung und lässt man sie so auf die vier Beine nieder, so können sie sich im ersten Momente nicht aufrecht erhalten, sondern fallen auf die der Verletzung entgegengesetzte Seite.

Die Motilitätsstörungen verlieren sich nach Tagen, Wochen, oft erst nach Monaten. Von was für Umständen die Geschwindigkeit der Restitution abhängt, ist noch nicht vollkommen aufgeklärt, sowie ob eine solche überhaupt immer zu erwarten ist. Merkwürdig ist, dass die Thiere oft lange Zeit nach der Operation, wenn alles geheilt ist, epileptisch werden.[1]

Am schlagendsten tritt die Bedeutung der Rindenfelder in folgendem Versuche[2] zu Tage. Man legt die Rindenfelder für die Extremitäten frei, entledigt das Thier seiner Fesseln und überzeugt sich, dass die betreffenden Extremitäten vollkommen normal sind. Darauf sticht man mit einem Scalpell, das 2 Mm. von der Spitze mit einem Wachskügelchen armirt ist, in das Feld ein, und alsbald zeigen sich die Symptome, die oben besprochen wurden. Auf welche Muskelgruppen sie sich erstrecken, hängt zum Theil vom Zufall ab, da es nicht möglich ist, mit Sicherheit ein specielles Feld allein zu treffen. Die Symptome nehmen an Deutlichkeit zu, wenn man jene Rindenstelle skarificirt oder ganz heraushebt. Zwischen der ersten Untersuchung des noch gesunden Thieres und der zweiten nach der Gehirnverletzung braucht keine halbe Minute zu vergehen.

Ehe wir weiter gehen, müssen einige Fragen, welche sich nothwendig an die geschilderten Versuche knüpfen, erledigt werden. — Zunächst kann aus den Reizversuchen die Vorstellung erwachsen, als würde es sich hier um Reizung der Ganglienzellen der Gehirnrinde handeln. Wir haben vorläufig kein Recht die Erfolge jener Versuche auf diese Weise zu erklären, vielmehr reichen wir zu ihrer Erklärung mit der Thatsache aus, dass Nervenfasern durch den elektrischen Strom erregt werden. Es hat sich nämlich bei Versuchen von Braun[3], Hermann[4], sowie von Hitzig[5] gezeigt, dass die Reizerfolge dieselben sind, ob das Rindenfeld, auf welchem die Elektroden aufgesetzt werden, intact ist oder ob die oberflächlichen Schichten desselben durch Aetzung functionsunfähig geworden sind. Es geht daraus hervor,

1 Vergl. Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. S. 271. Berlin 1874.

2 Hitzig, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 445.

3 Braun, Beiträge zur Frage von der elektrischen Erregbarkeit des Grosshirns. Eckhard's Beiträge zur Anat. u. Phys. 1874.

4 Hermann, Ueber elektrische Reizversuche an der Grosshirnrinde. Arch f. d. ges. Physiol. X.

5 Hitzig, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875. S. 431.

dass Nervenfasern, welche unter der geätzten Stelle liegen, vom Strom gereizt werden. Werden also überhaupt bei diesen Versuchen und bei den angewendeten Stromintensitäten Nervenfasern gereizt, so ist die Annahme, dass bei Aufsetzung der Elektroden auf die intacte Hirnrinde nebst den in derselben vorkommenden Nervenfasern auch noch Ganglienzellen gereizt werden, eine überflüssige. Hermann hat ein Rindenfeld durch abwechselnde Aetzung und Abtragung mit dem Messer zu einer Grube bis zu 1 Cm. Tiefe ausgehöhlt, und immer noch durch Aufsetzen der Elektroden auf den Boden der Grube denselben Reizeffect erzielt. Er hat also die Fasern, welche von der Rinde kamen, in die Tiefe verfolgt.[1] Braun hat sie hier durch einen schrägen Schnitt durchtrennt, und fand nun die Reizung vom sonst unversehrten Rindenfeld aus wirkungslos.[2] Bedenkt man, dass jene Motilitätsstörungen momentan eintreten, wenn in dem betreffenden Rindenfeld eine auch nur zwei Millimeter tiefe Verletzung angebracht wird, so ergiebt sich folgende Vorstellung. In dem Grau des Rindenfeldes sind Nervenbahnen vertreten, welche in inniger Beziehung zu der betreffenden Muskelgruppe stehen. Ob die Bahnen hier aus Ganglienzellen entstehen, ob sie von einem anderen Orte, und von welchem sie herkommen, ob sie hier durch Ganglienzellen unterbrochen sind u. dgl. m. muss dahingestellt bleiben. Von hier aus gehen sie in die Tiefe. Carville und Duret[3] fanden, dass sie nach Zerstörung des Corpus striatum noch erhalten sind und Gliky[4] studirte durch Reizung ihren Verlauf auf Schnittflächen durch Aufsuchen der wirksamen Reizstellen und fand, dass sie das Corpus striatum umziehen und sich bis in den Fuss des Hirnschenkels verfolgen lassen. Ihre Bahn wird nicht unterbrochen, wenn man die Medulla oblongata am Tuberculum acusticum halbseitig auf der der Reizstelle entgegengesetzten Seite durchschneidet, so dass die Kreuzung also erst tief unten stattfinden muss. Auf diesem ihrem Wege, vielleicht noch in der Hirnrinde, werden sie durch den elektrischen Strom erregt. Durch die Verletzung des Rindenfeldes werden diese Bahnen unterbrochen

1 Hermann deutete diesen Versuch anders, als er hier aufgefasst ist. Er denkt nämlich daran, dass der Effect der Reizversuche überhaupt nur durch in die Tiefe gehende Stromschleifen erzeugt wird.

2 Vergl. auch den Fall von Corville und Duret (Note sur une lésion pathologique du centre oval chez un chien. Arch. d. physiol. norm. et pathol. 1875), in welchem d. Reizversuche in Folge eines apoplektischen Herdes erfolglos blieben; sowie Albertoni e Michieli, Lo sperimentale. Vol. 37.

3 Carville et Duret, Sur les fonctions des hémisphères cérébrales. Arch. d. physiol. norm. et pathol. 1875.

4 Gliky. Ueber die Wege auf denen d. dr. elektr. Reiz. d. Grosshirnrinde erregt. mot. Thätigkeiten dr. d. Geh. hindurch fortgeleitet werden. Eckhard's Beitr. z. Anat. u. Physiol. VII.

und Folge dieser Unterbrechung sind jene eigenthümlichen Bewegungsstörungen. Ein Umstand muss erwähnt werden, der darauf hindeutet, dass bei Reizung des Rindenfeldes Nervenfasern in Erregung versetzt werden, welche in der Rinde noch eine centrale Station haben. FRANÇOIS-FRANCK und PITRÈS[1] haben nämlich gefunden, dass die Erregung bei Reizung der Rindenoberfläche um 0,015 Secunden länger braucht um zum Muskel zu gelangen, als wenn nach Entfernung der Rinde die darunterliegende weisse Substanz gereizt wurde. Auch soll der Effect bei gleicher Reizstärke im ersten Falle ein grösserer sein.

Um das Missverständniss, als handelte es sich in diesen Versuchen um Reizung von gangliösen Apparaten, zu vermeiden, ist im Vorstehenden der oft gebrauchte Name „motorisches Centrum“ oder „Rindencentrum“ vermieden, und statt desselben der Name „Rindenort“ oder „Rindenfeld“ gewählt.

Eine zweite Frage, die sich aufdrängt, ist die, was ist die Folge davon, wenn zur Reizung stärkere Ströme angewendet werden? Geschieht dies, so werden auch Muskelgruppen innervirt, deren Rindenfelder der gereizten Stelle zunächst liegen, bei noch stärkeren Strömen verbreitet sich die Reizung über immer grössere Antheile der Muskulatur, bis schliesslich allgemeiner Tetanus eintritt.[2] Selbstverständlich kann man in diesen Fällen auch kaum mehr annäherungsweise beurtheilen, wo die Erregung gesetzt wird. Nur so viel ist kaum zweifelhaft, dass man es hier mit der Wirkung von Stromschleifen zu thun hat, welche sich bis gegen die Basis des Gehirns erstrecken. Es ist dies auch der Grund, aus welchem beim Aufsuchen der Rindenfelder die schwächsten Ströme verwendet werden müssen, welche überhaupt eine Wirkung hervorbringen. Nur dadurch sowie unter Berücksichtigung des oben erwähnten Ueberwiegens der Wirkung an der Anode kann man sicher gehen, das Feld nicht für bedeutend grösser zu halten als es ist.

Drittens ist zu erwähnen, dass die Reizversuche wie am normalen so auch am narkotisirten Thiere mit Erfolg ausgeführt werden können, ja dass die meisten derselben an narkotisirten Thieren angestellt wurden. Morphium scheint die Reizerfolge sogar regelmässiger zu machen. Aether eignet sich für diese Versuche weniger; in dem Stadium der Aethernarkose, in welcher die Reflexerregbarkeit gänzlich

1 FRANÇOIS-FRANCK u. PITRES, Gaz. hebd. d. Paris. 1878. No. 1.

2 Die Vertheilung der Ströme im Gehirn haben WELIKY und SCHEPOWALOW einer Untersuchung unterzogen. Arbeit. d. Petersburg. Ges. d. Naturforscher. Zoolog. Abth. 28. Februar 1876 (russisch). Vergl. Schwalbe's Jahresb. f. Anat. u. Physiol. II. S. 40. 1876.

erloschen ist, zeigt sich die Erregbarkeit für die Hirnreizung theils erhalten, theils erloschen. Bei noch stärkerer Aetherisirung schwindet sie, wenn auch nur auf kurze Zeit, ganz (Hitzig[1], Braun[2]). Durch Chloroform wird nach Schiff[3] die Erregbarkeit aufgehoben. Auch Chloralhydrat eignet sich (wenigstens bei Kaninchen) zu diesen Versuchen und scheint sich ähnlich wie Aether zu verhalten.[4]

Die Erregbarkeit der Rindenfelder sinkt viertens ausserordentlich schnell, sobald die normale Blutzufuhr abgesperrt ist.

Fünftens kann man fragen, ob physiologisch so ausgezeichnete Rindenstellen, wie die motorischen Felder es sind, sich nicht anatomisch von anderen Rindenstellen unterscheiden lassen.

In der That hat Betz[5] den Hirnlappen des Hundes, der den Sulcus cruciatus begrenzt und der, wie wir wissen, den einen Theil der Hitzig'schen Felder enthält, dadurch ausgezeichnet gefunden, dass in der vierten Schichte seiner Rinde ausserordentlich grosse pyramidenförmige Ganglienzellen vorkommen. Sie bilden keine dichte Lage, sondern stehen zwischen den gewöhnlichen Zellen dieser Schichte wie es scheint in zerstreut liegenden Gruppen und haben zwei grosse Fortsätze und mehrere kleine, wie die gewöhnlichen Pyramidenzellen der Hirnrinde. Sie sind grösser als irgendwelche Ganglienzellen des ganzen Nervensystemes des Hundes, weshalb sie Betz mit dem Namen der Riesenpyramiden belegt. Das Gebiet, in dem sie vorkommen, erstreckt sich noch auf die vordere Hälfte der hinter unserem Lappen gelegenen Windung und, wie Obersteiner[6] fand, auch auf die mediale Fläche des Gehirns, da wo der Sulcus cruciatus sich in die Fissura calloso-marginalis fortsetzt. Betz hat diese Riesenpyramiden auch im Gehirn des Menschen nachgewiesen — es wird später hiervon die Rede sein — und Bevan Lewis[7] an den entsprechenden Stellen bei der Katze und dem Schafe.

2. *Anderweitige Versuche.*

An Hunden. Auch Ferrier[8] hat gelegentlich seiner weitläufigen Untersuchungen über das Gehirn Rindenreizungen beim Hunde

1 Hitzig l. c. 1873. S. 401.

2 Braun l. c. Eckhard's Beitr. z. Anat. u. Physiol. VII. 1874.

3 Schiff, Untersuch. über d. motor. Functionen d. Grosshirnes. Arch. f. exper. Pathol. III. Dasselbe in Lezioni sopra il sistema nervoso encephalico Firenze. 1874.

4 Vergl. Albertoni e Michieli, Sui centri cerebrali di movimenti. Lo Sperimentale. Vol. 37.

5 Betz, Anatomischer Nachweis zweier Gehirncentra. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874. S. 578 u. 595.

6 Obersteiner, Die mot. Leistung. d. Grosshirnrinde. Wien. med. Jahrb. 1878.

7 Lewis, On the comparative structure of the cortex cerebri. Brain 1873.

8 Die Arbeiten Ferrier's: Experim. Res. in cerebral physiology and pathology. The West Riding lunatic asylum Medic. Reports. III; Localisation of function in

vorgenommen. Er unterscheidet zweierlei Effecte dieser Reizung, die erste Art ist analog dem, was HITZIG durch seine Reizung der motorischen Rindenfelder erzielt hat; die zweite Art sind Bewegungen, welche durch das Zustandekommen einer Sinnesempfindung reflectorisch ausgelöst werden sollen, betreffen also Reizungen der sensibeln Rindenfelder, von denen unten ausführlich gehandelt werden soll. Bezüglich der motorischen Felder stimmen die Erfahrungen FERRIER's im Allgemeinen mit denen HITZIG's überein, und was gewisse Einzelnheiten, in welchen sie abweichen, betrifft, so erhält man den Eindruck, dass FERRIER nicht in gleicher Weise wie HITZIG vorsichtig in den Versuchen und seinen Folgerungen vorgegangen ist. Es mag deshalb hier auf die Differenzen zwischen den beiden Angaben nicht näher eingegangen werden. Nur das ist hervorzuheben, dass FERRIER von einem vor dem HITZIG'schen Facialisfeld gelegenen Orte aus Kaubewegungen auslösen konnte — ein Umstand, auf welchen auch WUNDT[1] selbstständig aufmerksam geworden war.[2] Bei Schakalen (canis aureus) fand FERRIER Verhältnisse, welche sich gänzlich denen anschliessen, die er beim Haushunde fand. NOTHNAGEL[3] hat nach einer unten zu beschreibenden Methode einige Exstirpationsversuche an Hunden ausgeführt, deren Resultate im Allgemeinen mit jenen HITZIG's übereinstimmen.

Das Rindenfeld für die hintere Extremität konnten LUCIANI und TAMBURINI noch in zwei antagonistisch wirkende zerfällen.[4]

Eine andere grosse Versuchsreihe über Reizung der Hirnrinde rührt von BALOGH[5] her. Er reizte, wie FERRIER, mit tetanisirenden Inductionsströmen und fand eine grosse Anzahl Rindenfelder, von welchen aus combinirte Bewegungen erzielt werden konnten.[6]

---

the brain. 1874. Proc. Roy. Soc. 151; Experim. on the brain of Monkeys. I. Serie. Proc. Roy. Soc. 161. 1875; dasselbe II. Serie. Philos. Transact. II. 1875 und Proc. Roy. Soc. 162. 1875; The Goulstonian lectures on the Localisation of cerebral disease. Brit. med. journ. 1878, sind abgesehen von Versuchsprotocollen u. dergl. zusammengestellt in dem kürzlich erschienenen Werk: Die Function des Gehirns von FERRIER, übersetzt von H. OBERSTEINER. Braunschweig 1879, einer nach FERRIER's Wunsch geänderten und vervollständigten Uebersetzung seines Werkes: The Function of the brain. London 1876.

1 WUNDT, Grundz. einer physiolog. Psychologie. S. 168. Anm. 2. Leipzig 1873.

2 Vergl. auch BOCHEFONTAINE und VIEL, Sur des expériences montrant que la méningo-encéphalite de la convexité du cerveau détermine des symptômes différents suivant les points de cette région qui sont atteints. Compt. rend. Vol. 85.

3 NOTHNAGEL, Experim. Untersuch. über die Functionen des Gehirns. Arch. f. pathol. Anat. LVII.

4 LUCIANI e TAMBURINI, Ric. sperim. sulle Funzioni del Cervello. Riv. sperimentale di Freniatria e di Medic leg. p. 69 u. 225. 1878.

5 BALOGH, Untersuchungen über die Function der Grosshirnhemisphären und des kleinen Hirns. Sitzgsber. d. k. ungar. Acad. d. Wiss. VII.

6 Da das Original dieser Untersuchung ungarisch ist (deutsch referirt im Jahresber. f. Anat. u. Physiol. II. S. 35. 1876.), konnte ich mir kein Urtheil darüber bilden, in

Die Versuche Munk's, welche sich auf die hier besprochenen Rindenfelder beziehen, sollen gelegentlich der sensoriellen Felder im Zusammenhange besprochen werden.

Dass Soltmann Reizung der Rindenfelder an Neugeborenen erfolglos fand, ist schon oben S. 206 hervorgehoben worden.

Eine Reihe von Autoren beobachtete in Folge von Hirnrindenreizung auch Veränderungen im Bereiche des Circulations- und Athmungsapparates. Nachdem schon Danilewsky[1] bei Reizung von Stammganglien derartige Beobachtungen gemacht[2], und Brown-Séquard[3] nach Cauterisation der Convexität des Vorderhirns am gleichseitigen Auge und Ohr Erscheinungen hervorgerufen hatte, welche den bei der Durchschneidung des Halssympathicus auftretenden glichen[4], fand Balogh[5] sieben Punkte an der Gehirnrinde des Hundes deren elektrische Behandlung Beschleunigung des Herzschlages hervorrief, und einen, bei dem Verlangsamung desselben die Folge der Reizung war. Die Entfernung der Hirnhemisphären verlangsamt den Puls. Beim Kaninchen fand Balogh vier Punkte an jeder Hemisphäre deren Reizung beschleunigend, und einen, dessen Erregung hemmend wirkt. Die Entfernung der Hemisphären ruft hier den gegentheiligen Erfolg wie beim Hunde hervor.

Reizungen der Rindenfelder für die Extremitäten durch tetanisirende Inductionsströme fand Bochfontaine[6] von Erhöhung des arteriellen Blutdruckes und Verlangsamung, gelegentlich auch Beschleunigung des Pulses gefolgt.

Auch Temperatursteigerungen können von der Grosshirnrinde aus hervorgerufen werden. In der Gegend des motorischen Rindenfeldes giebt es Orte, deren Reizung Verminderung, deren Zerstörung Erhöhung der Temperatur der gegenüberliegenden Extremitäten erzeugt

---

wie weit durch dieselbe der Nachweis geliefert ist, dass jene Bewegungen „Rindenfeldern“ angehören.

1 Danilewsky, Experimentelle Beiträge zur Physiol. d. Gehirns. Arch. f. d. ges. Physiol. XI. S. 128.

2 Denen Hilarewski (Arbeit d. Petersb. Ges. d. Naturf. Sitzg. d. zoolog. Abth.) widerspricht. Vergl. Jahresber. f. Anat. u. Physiol. 1876. II. Abth. S. 39.

3 Brown-Séquard, Rech. sur l'excitabilité des lobes cérébraux. Arch. d. physiol. norm. et pathol. 1875.

4 Vergl. auch Nothnagel, Betheiligung des Sympathicus bei cerebraler Hemiplegie. Arch. f. pathol. Anat. LXVIII.

5 Balogh, Untersuch. über den Einfluss des Gehirns auf die Herzbewegungen. Sitzgsber. d. k. ungar. Acad. d. Wiss. VII. (ungarisch). Vergl. Jahresber. f. Anat. u. Physiol. 1876. II. Abth. S. 38.

6 Bochfontaine, Sur quelques phénomènes déterminés par la faradisation de l'écorce grise du cerveau. Compt. rend. LXXXIII, u. Étude expérim. de l'influence exercée par la faradisation de l'écorce grise du cerveau sur quelques fonctions de la vie organique. Arch. de physiol. norm. et path. 1867.

(Eulenburg und Landois[1], Hitzig[2]). Letztere ist oft noch nach Monaten zu erkennen und kann bis zu 13° C. betragen.[3]

An Affen, deren Rindenfelder zu kennen natürlich am meisten Interesse bietet, hat Ferrier[4] eine grosse Anzahl von Versuchen ausgeführt. Auch hier unterscheidet dieser Forscher zweierlei Bewegungen, die sich durch Reizung von der Hirnrinde aus hervorrufen lassen, solche, die auf eigentliche Rindenfelder zu beziehen sind, und solche, die er als Reflexbewegungen, eingeleitet durch eine Sinnesempfindung, auffasst, also auf sensible Rindenfelder bezieht. Exstirpirt man ein den motorischen Rindenfeldern angehöriges Stück grauer Substanz, so tritt nach Ferrier Lähmung ein, thut man dasselbe an einem sensibeln Rindenbezirk, so tritt Anästhesie ein, beides natürlich gekreuzt. (Wir werden später sehen, dass es mit dem, was hier Lähmung genannt wird, nach Ferrier's Anschauungen eine eigenthümliche, nicht bei allen Thierclassen gleiche Bewandtniss hat, und dass auch die Lähmungserscheinungen auftreten können, wo man es nur mit Empfindungsstörungen zu thun haben soll.)

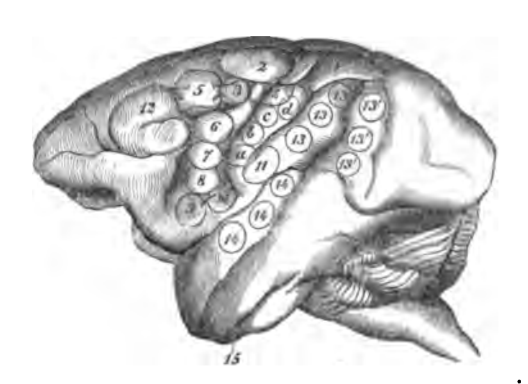


Fig. 7. Rindenfelder des Affen nach Ferrier. Bei Reizung tritt ein: 1. Vorwärtsbewegung des Beines. 2. Vorwärtsbewegung desselben gegen die Mittellinie des Körpers wie zum Kratzen der Brust. 3. Schweifbewegungen combinirt mit den vorigen. 4. Retraction und Adduction des Armes. 5. Ausstrecken des Armes. *a, b, c, d* Fingerbewegungen. 6. Flexion und Supination des Armes. 7. Hebung und Retraction des Mundwinkels. 8. Hebung der Oberlippe und Senkung der Unterlippe. 9 Oeffnen des Mundes mit Vorstrecken, 10 ebenso mit Zurückziehen der Zunge. 11. Retraction des Mundwinkels und Neigung des Kopfes nach der nicht gereizten Seite. 12. Oeffnen der Augen, Dilatation der Pupillen, Kopf und Augen wenden sich nach der nicht gereizten Seite. 13. Drehung der Augen nach der nicht gereizten Seite und oben, 13' Drehung der Augen nach der nicht gereizten Seite und unten. 14. Wendung der Augen nach der nicht gereizten Seite, ebenso des Kopfes, Erweiterung der Pupillen, Spitzen des entgegengesetzten Ohres. 15. Hebung der Lippen und des Nasenflügels auf der gereizten Seite.

Die Rindenfelder, welche Ferrier am Affenhirn fand, hat er in der Zeichnung Fig. 7 dargestellt.[5] Sie sind durch Kreise markirt; das Centrum je-

1 Eulenburg und Landois, Ueber thermische von d. Grosshirnhemisphäre ausgehende Einflüsse. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876 und ausführlicher im Arch. f. pathol. Anat. LXVIII.

2 Hitzig, Ueber Erwärmung der Extremitäten nach Grosshirnverletzungen. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. S. 323.

3 Vulpian widerspricht dieser letzteren Behauptung. Destruct. de la substance grise du gyr. sigmoid. du côté droit sur un chien. Arch. d. physiol. norm. et pathol. 1876.

4 Ferrier, Function d. Geh. Uebers. von Obersteiner. S. 152. Braunschweig 1879.

5 Ferrier l. c. S. 156.

des Kreises bedeutet den Ort, von welchem aus die betreffende Bewegung am reinsten ausgelöst wird[1]; übrigens sind die Felder nicht scharf getrennt, denn von der Gränze zweier lassen sich beide Bewegungen anregen, wie sogleich einleuchtet, wenn man erwägt, in welcher Art die Vertheilung der erregenden Ströme sich gestalten muss. Steigt man nämlich mit der Stromesintensität, so wird man selbstverständlich zu einem Punkt kommen, bei welchem jene Stromantheile, welche je ein Feld treffen, hinreichen, eine Erregung zu setzen.

Die motorischen Felder sind auf Fig. 7 mit den Zahlen *1—8* und *11*, *12*, ferner mit den Buchstaben *a*, *b*, *c*, *d* bezeichnet.

Die von hier auszulösenden Bewegungen, sämmtlich die der Reizstelle entgegengesetzte Körperhälfte betreffend, sind:

1. Vorwärtsbewegung der hinteren Extremität, wie beim Gehen; gelegentlich blos Beugung im Sprunggelenk, und Ausbreitung der Zehen.

2. Combinirte Bewegung des Ober- und Unterschenkels, sowie der Hand der hinteren Extremität, mit passenden Bewegungen des Rumpfes, wodurch das Bein in die Mittellinie des Körpers gebracht wird, als ob das Thier etwas ergreifen, oder die Brust oder den Unterleib kratzen wollte.

3. Bewegungen des Schweifes, combinirt mit den sub 2 genannten Bewegungen.[2]

4. Retraction und Adduction des Armes, wobei die Palma manus nach rückwärts sieht; eine Bewegung, welche mit einer Schwimmbewegung verglichen wird.

5. Extension des Armes und der Hand nach vorwärts, wie um etwas zu erreichen.

6. Supination und Flexion des Vorderarmes, wodurch die Hand gegen den Mund geführt wird, häufig combinirt mit:

7. Retraction und Hebung des Mundwinkels.

---

1 Mit Ferrier's Worten (Function of the brain. London 1876) heisst dieser Satz: „The area of limited action is most correctly indicated by the centre of the circle", was wohl bedeutet, dass die schwächsten Ströme, die überhaupt jene Bewegung noch hervorrufen können, hier wirken müssen. Wenn man also davon absieht, dass Ferrier mit tetanisirenden Inductionsströmen gearbeitet hat, die überwiegende Wirkung der Anode demnach nicht benützen konnte, um die Genauigkeit der Localisirung zu erhöhen, so sind diese Ferrier'schen Kreiscentren den Hitzig'schen Rindenorten zu analogisiren.

2 Ferrier ist in diesem Punkte nicht ganz klar: Er sagt dass diese Schweifbewegung „generally associated" mit jener anderen Bewegungsgruppe ist. Gleich darauf aber folgt der Satz: „I have not been able to dissociate the two from each other completely" (Function of the brain. p. 141. London 1876). Ich glaube den wahren Sinn getroffen zu haben, wenn ich annehme, dass dies kein Rindenfeld ist, von dem nur Schweifbewegungen auszulösen möglich ist.

8. Erhebung des Nasenflügels und der Oberlippe, verbunden mit Herabziehen der Unterlippe, so dass der Eckzahn sichtbar wird.

11. Retraction des Mundwinkels unter gleichzeitiger Contraction des Platysma myoides, wodurch der Kopf ein wenig nach der der Reizung entgegengesetzten Seite geneigt wird.

12. Oeffnung und Wendung der Augen, sowie des Kopfes nach der der Reizung entgegengesetzten Seite.

a, b, c, d, Bewegung einzelner oder mehrerer Finger, auch Ballen der Faust. Die Felder für die Bewegungen je eines Fingers konnten nicht gefunden werden, sind aber hier zu vermuthen.[1]

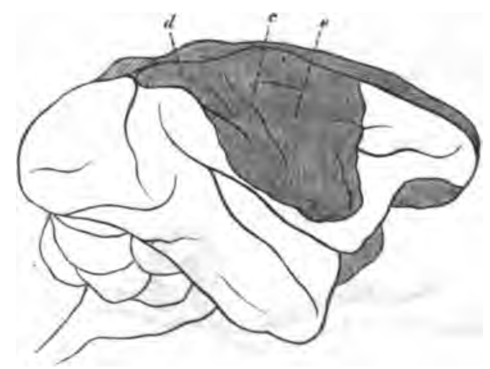


Fig. 8. Der schraffirte Theil der rechten Hemisphäre ist zerstört. Folge davon: vollständige Hemiplegie der gegenüberliegenden Seite ohne Beeinträchtigung der Empfindlichkeit. Nach FERRIER.

Setzt FERRIER eine Zerstörung der Hirnrinde, wie sie in Fig. 8 dargestellt ist, so ist unter Erhaltung der vollen Empfindlichkeit die entgegengesetzte Körperhälfte „hemiplegisch". Es sind in diesem Falle alle oben als motorisch angeführten Felder zerstört, mit Ausnahme des grösseren Theiles von Feld *12* und Zuziehung der Felder *9* und *10*.[2]

---

1 Da FERRIER nirgends ausdrücklich und definitiv sagt, welche von seinen Rindenfeldern er für motorisch und welche er für sensibel hält, so ist die obenstehende Zusammenstellung von mir theils nach Angaben, theils nur (so gut ich es konnte) im Geiste FERRIER's gemacht. Dabei stiess ich auf nicht unbedeutende Schwierigkeiten. Von jedem der Punkte 7, 8, 9, 10, 11 (Fig. 7) lassen sich Mundbewegungen anregen, von zweien (9, 10) derselben sind die Bewegungen aber bilateral, sollten also wohl im Sinne FERRIER's Bewegungen sein, welche reflectorisch von Gefühlsfeldern ausgelöst sind. (Ob ich hier FERRIER richtig verstanden habe, weiss ich nicht. Vergl. auch FERRIER, Experim. Researches in cerebr. Physiology and Pathology. West Riding Lunatic. Asyl. Med. Rep. III. 1873.) Ich liess deshalb beide Felder oben weg. Doch sind sie in dem Fig. 8 dargestellten Fall mit zerstört, und doch sagt FERRIER von demselben, dass keine Störung der Empfindlichkeit vorhanden war. Auch was den Punkt 12 anbelangt, so verstehe ich hier FERRIER nicht vollständig. Er betrachtet ihn gewissermaassen als das Feld, welches den Bewegungen der sinnlichen Aufmerksamkeit, dem Lauschen und Hinschauen angehört, nennt es auch motorisch (l. c. S. 255) und trotzdem löst es bilaterale Bewegungen aus. Im oben genannten Falle, in welchem totale Hemiplegie eingetreten sein soll, ist dieses Feld nicht mit zerstört, ist auch nicht erwähnt, dass bilaterale Lähmungen, welche den Feldern 9 und 10 entsprechen, eingetreten sind. Sie scheinen vielmehr, wie der Ausdruck Hemiplegie andeutet, nicht eingetreten zu sein. Wir werden später sehen, dass FERRIER andererseits sensible Felder hat, welche nur einseitige „Reflexbewegungen" auslösen, wo man doppelseitige erwarten sollte, wenn man sich seinen Anschauungen anschliesst.

2 Vergl. die vorstehende Anmerkung.

Nebst diesen Versuchsobjecten experimentirte Ferrier noch an Katzen. Er fand auch hier eine Reihe von motorisch wirksamen Rindenfeldern, deren Wirkung sich der der entsprechenden Felder am Affen- und Hundehirn analogisiren liess. Auch Hitzig [1] und Burdon-Sanderson [2] experimentirten an diesem Thiere.[3]

Am Schafe fand Marcacci [4] motorische Rindenfelder, und zwar eines für die Flexion des Vorderbeines, eines für Drehung des Nackens, eines für die Bewegungen des Leckens, und eines für die Kaubewegungen. Durch Rindenverletzungen wies Munk [5] beim Pferde Motilitätsstörungen nach.

Zu Schulversuchen eignet sich besonders das Kaninchen, bei welchem eine Reihe motorischer Felder von Ferrier[6] (vgl. Fig. 9), Fürstner [7] u. Nothnagel [8] nachgewiesen wurden. Letzterer experimentirte in einer von den bisher beschriebenen Methoden abweichenden Weise. Auf den Rath Heidenhain's nämlich zerstörte er eng begrenzte Gehirnpartieen dadurch, dass er, nachdem ein enges Loch in das Schädeldach gebohrt war, durch eine Pravaz-sche Spritze einen Tropfen concentrirter Chromsäure an dem betreffenden Ort aus der Canüle treten liess. Die Bohrung der Canüle macht eine verhältnissmässig geringe Zerstörung, der Chromsäuretropfen aber zerstört alles, was in sein Bereich fällt. Er diffundirt aber nicht weiter im Gewebe, findet sich sogar nach einiger Zeit scharf abgekapselt.

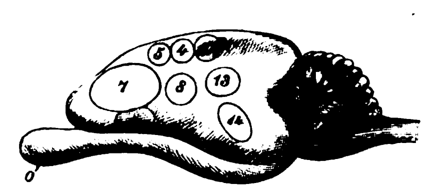


Fig. 9. Gehirn des Kaninchens nach Ferrier: Auf Reizung: 1. Vorwärtsbewegung des Hinterbeines. 4. Retraction und Adduction des Vorderbeines. 5. Hebung der Schulter und Vorwärtsbewegung des Vorderbeines. 7. Kaubewegungen, Retraction und Elevation des Mundwinkels, Drehung des Kopfes nach der nicht gereizten Seite. 8. Schliessen des Auges und Erhebung des Mundwinkels. 9. Oeffnen des Mundes und Bewegung der Zunge. 13. Drehung des Auges. 14. Aufrichten und Retraction des Ohres. 15. Verschluss der Nasenlöcher..

1 Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. S. 94. Berlin 1874.

2 Burdon-Sanderson, Notiz über d. directe elektr. Reizung d. Corpus striatum. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874.

3 Dieser Autor erhob auf Grund seiner Versuche Bedenken über Hitzig's Auffassung, gegen welche sich letzterer verwahrt. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874.

4 Marcacci, Determinazione della zona eccitabile nel cervello pecorino. Rendiconto del gabin. di fisiol. di Siena 1876. II und Arch. ital. per le mal. nervose. 1877.

5 Munk, Zur Physiologie der Grosshirnrinde. Berliner physiol. Gesellsch. März 1877; Arch. f. Physiol. 1878. S. 599.

6 Vergl. die Abbildungen in Functions of the brain. pag. 157 u. in der deutschen Uebersetzung dieses Buches, herausgeg. v. Obersteiner, S. 172.

7 Fürstner, Experim. Beiträge zur elektr. Reizung der Hirnrinde. Arch. f. Psychiatrie. VI.

8 Nothnagel, Experim. Untersuch. über die Functionen des Gehirns. Arch. f. pathol. Anat. LVII.

Auf diese Weise fand NOTHNAGEL zwei Stellen der Hirnrinde, deren Zerstörung charakteristische Erscheinungen nach sich zieht. Die Zerstörung der ersten bewirkt Erscheinungen an der entgegengesetzten Vorderpfote, welche jenen entsprechen, welche FRITSCH und HITZIG [1], GOLTZ u. A. bei Exstirpationsversuchen sahen, nämlich jene schon besprochene Ungeschicklichkeit im Aufsetzen des Beines und die Eigenthümlichkeit, dass dasselbe nicht zurückgezogen wird, wenn man es sachte in eine unbequeme Lage bringt, z. B. während das Thier ruhig sitzt ad maximum nach vorne zieht. Dieses Rindenfeld liegt an der convexen Seite der Hemisphäre, sein Centrum etwas vor der Mitte ihrer Länge, und scheint identisch zu sein mit einer Hirnstelle, in welcher FERRIER auf Grund seiner Reizversuche zwei Felder unterscheidet (s. die vorstehende Figur), deren erstes der Retraction und Adduction, deren zweites der Streckung nach vorne und Schultererhebung des betreffenden Vorderbeines vorsteht.

Das zweite Rindenfeld, das NOTHNAGEL auf dem angeführten Wege fand, liegt im vorderen Theil der unteren Hemisphärenfläche. Zerstörung desselben hat eine starke Abweichung beider entgegengesetzter Extremitäten nach innen, und eine weniger ausgeprägte Abweichung beider gleichseitiger nach aussen zur Folge. Diese Abweichungen zeigen sich nicht nur beim Springen, auch beim ruhigen Sitzen sind sie so bedeutend, dass die Zehen der der operirten entgegengesetzten Seite, auf der operirten Seite unter der Brust zum Vorschein kommen können.

Diese Störungen verschwanden, wenn die Thiere am Leben blieben, im Laufe von einigen Wochen wieder. Auch OBERSTEINER [2] experimentirte an Kaninchen.

Weniger Rindenfelder als beim Kaninchen lassen sich (nach FERRIER) beim Meerschweinchen und bei der weissen Ratte nachweisen; kaum mehr als Spuren von Rindenfeldern bei der Taube (FERRIER) und beim Frosche (FERRIER, LANGENDORFF [3]), und nur mehr unverständliche Bewegungen sind es, welche durch Reizung an den Hemisphären der Fische hervorgerufen werden können (FERRIER).

Es scheint aus FERRIER's weitläufigen Versuchen mit Bestimmt-

---

1 FRITSCH u. HITZIG, Ueb. d. elektr. Erregbark. d. Grosshirns. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1870.

2 OBERSTEINER, Die motorischen Leistungen d. Grosshirnrinde. Stricker's med. Jahrbücher. 1878.

3 LANGENDORFF, Ueber die elektr. Erregbarkeit der Grosshirnhemisphären des Frosches. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1876. Vergl. auch die Angaben HEUBEL's, Das „Krampfcentrum“ des Frosches und sein Verhalten zu gewissen Arzneistoffen. Arch. f. d. ges. Physiol. IX u. d. Versuche von SIGM. EXNER, Exper. Unters. d. einf. psych. Processe. Arch. f. d. ges. Physiol. VIII u. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. S. 570 Anm.

heit hervorzugehen, dass an einem Gehirn um so mehr und um so schärfer getrennte Rindenfelder nachweisbar sind, einem je höher psychisch organisirtem Thiere dasselbe angehört.

II. Sensible Rindenfelder bei Thieren.

So wie motorische Störungen durch Verletzung gewisser Rindenbezirke erzeugt werden können, lassen sich auch Störungen, zum Theil sehr eingreifender Natur, durch Ausschaltung von Rindenpartieen hervorrufen, Störungen, welche die Sinnesgebiete betreffen; und zwar zeigt sich auch hier eine Beziehung gewisser Rindenwindungen zu bestimmten Sinnesorganen. Wir wollen dem entsprechend, wie wir oben von motorischen Rindenfeldern gesprochen haben, jetzt den Namen „sensible Rindenfelder" verwenden. Dort waren es zwei Methoden, die, sich gegenseitig ergänzend, zum Aufsuchen der Rindenfelder gedient haben: die Reizmethode und die Exstirpationsmethode; hier kann von der ersteren nicht leicht Gebrauch gemacht werden, nur Ferrier [1] bedient sich auch der Reizmethode für die sensibeln Felder.[2] Er giebt nämlich an, dass von jenen Rindenfeldern, deren Zerstörung eine Beeinträchtigung der Sinnesthätigkeiten bewirkt, durch tetanische Reizung Bewegungen ausgelöst werden können, die sich erklären, wenn man annimmt, die Reizung erwecke die betreffende Sinnesempfindung, und diese löse jene Bewegungen als Reflexbewegungen aus. Wir werden alsbald die einzelnen Fälle hierzu kennen lernen, hier sei nur erwähnt, dass Ferrier durch seine zwei Methoden zu Resultaten kommt, welche nicht unbeträchtlich von jenen abweichen, welche Munk [3] blos auf dem Wege der Exstirpation erhielt, und dass die Vorstellungen, welche sich Ferrier über das Entstehen jener Bewegungen macht, vorläufig hypothetisch sind, indem nicht, wie dieses bei den Reizversuchen der motorischen Felder geschehen ist, nachgewiesen wurde, dass man es mit keiner Wirkung des elektrischen Stromes in der Tiefe zu thun habe.

Die erste Kenntniss über sensible Rindenfelder hat Hitzig ge-

---

1 S. die S. 316 angeführten Arbeiten dieses Autors, zusammengestellt in: Die Functionen des Gehirnes, von Ferrier, übersetzt von Obersteiner. Braunschweig 1879 nach: The Fonctions of the brain by Ferrier. London 1876.

2 In einem gleich zu erwähnenden Falle auch Hitzig.

3 Munk, Zur Physiologie der Grosshirnrinde. Vortrag in der physiolog. Ges. zu Berlin vom 23. März 1877, abgedruckt in Arch f. Anat. u. Physiol. 1878. S. 599; ferner Vortrag ebendas. vom 6. April 1877, abgedr. ebendas. S. 602; vom 27. Juli 1877, abgedruckt in der Berl. klin. Wochenschr. 1877. S. 505; ferner Vortr. ebendas. v. 15. März 1878, abgedruckt in Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 162; ferner Vortrag ebend. v. 29. Nov. 1878, abgedruckt ebendas. S. 547.

habt. Er fand, dass Abtragungen im Bereiche der Hinterlappen beim Hunde (der Gyri *o* und *n* in Fig. 11, S. 327) Blindheit des gegenüberliegenden Auges, combinirt mit paralytischer Dilatation der entsprechenden Pupille hervorruft.[1] Reizung dieser Rindenstelle erzeugt Verengerung der Pupille.

Unabhängig von dieser Untersuchung HITZIG's und einige Monate vor Publication derselben veröffentlichte FERRIER[2] seine Untersuchungen über denselben Gegenstand, welchen später die ausführlichen Studien MUNK's folgten. Die beiden letztgenannten Forscher kamen zu Schlüssen, welche darin übereinstimmten, dass den einzelnen Sinnesorganen Rindenfelder entsprechen, die aber, was die Localisation dieser Rindenfelder anbelangt, nicht unbeträchtlich voneinander abweichen.

1. Das Rindenfeld des Auges.

FERRIER[3] gibt an, dass Affen, an welchen der Gyrus angularis (Fig. 7, S. 319, *13, 13'*) zerstört (meistens durch Cauterisation) ist, am entgegengesetzten Auge blind sind. Sie verlieren schon nach einem Tage die Blindheit wieder, wenn der Gyrus angularis der anderen Seite intact ist. War aber auch dieser zerstört, so kehrte das Sehvermögen in der Zeit, in welcher sie in Beobachtung blieben, nicht wieder.

Reizt man einen Gyrus angularis durch tetanisirende Ströme, so werden beide Augen nach der anderen Seite und nach aufwärts (bei *13*) oder nach abwärts (bei *13'*) bewegt. Die Augenlider schliessen sich zwinkernd, die Pupille ist gewöhnlich verengt. Oft dreht sich auch der ganze Kopf nach der anderen Seite. Diese Bewegungen sind nach FERRIER Reflexbewegungen, hervorgerufen durch eine in Folge der Reizung eintretende subjective Gesichtserscheinung, welche auf der der gereizten Stelle gegenüberliegenden Seite localisirt wird.

MUNK[4] verlegt beim Affen das Rindenfeld des Auges in die convexe Fläche des Occipitallappens (Fig. 10 *A*). Exstirpirt man beiderseits kreisrunde Rindenstücke von 10—15 Mm. Durchmesser, so bemerkt man am 2. oder 3. Tage nach der Operation, dass die Thiere schlecht sehen. Sie lassen manche ihnen vorgeworfene Stücke Nah-

---

1 HITZIG, Untersuchungen über das Gehirn. Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874. S. 548.

2 FERRIER, The Localisation of the functions in the brain. Proceedings of the Roy. Soc. v. 5. März 1874. XXII.

3 FERRIER l. c. Details der Versuche: Philosophical Transactions. II. 1875.

4 MUNK, Verh. d. Berl. physiol. Ges. v. 15. März 1878; Arch. f. Anat. u. Physiol. 1878. S. 168 u. 533.



rung liegen, oft diejenigen, welche ihnen zunächst sind, verfehlen dieselben auch beim Greifen, und fahren sich mit den Händen gelegentlich über die Augen, als wollten sie etwas wegwischen, was sie am Sehen hindert.

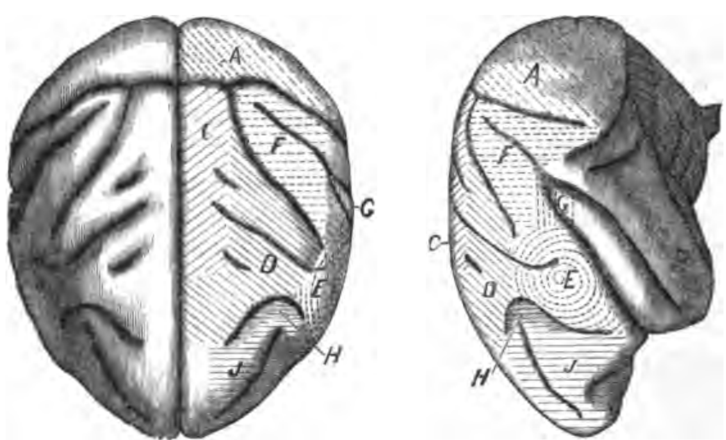


Fig. 10. Affengehirn nach Munk. Rindenfelder: *A* des Auges, *B* des Ohres, *C* der Empfindungen des Hinterbeines, *D* des Vorderbeines, *E* des Kopfes, *F* des Schutzapparates des Auges, *G* der Ohrregion, *H* des Nackens, *J* des Rumpfes.

Ist beiderseits die ganze convexe Rinde der Occipitallappen exstirpirt, so ist das Thier vollkommen blind. Es bewegt sich freiwillig nicht von der Stelle, getrieben stösst es an jedes Hinderniss an. Mit der Zeit bessert sich das Sehen, aber nur soweit, dass der Affe langsam gehen kann, ohne anzustossen.

Wird diese Operation nur auf einer Seite ausgeführt, so wird der Affe — und dadurch unterscheidet er sich vom Hunde — hemiopisch. Und zwar ist er blind für die auf der Seite der Verletzung liegenden Hälften beider Netzhäute. Diese Hemiopie bleibt Monate lang bestehen.

Der Gyrus angularis, das Augenfeld Ferrier's, ist nach Munk, wie wir später noch näher sehen werden, das Rindenfeld für die Tastempfindungen des Auges.

Beim Hunde fand Munk das Rindenfeld des Auges ebenfalls im Hinterlappen: Fig. 11, *A*; in den mit *n* und *m* bezeichneten Windungen hatte Ferrier die Punkte gefunden, welche seinen mit *13* und *13'* bezeichneten Stellen des Affengehirns (Fig. 7) entsprechen, also als Rindenfeld des Auges angesprochen werden. Und zwar liegen Ferrier's Punkte zum Theil vor der vorderen Grenze von Munk's Rindenfeld. Es ist schon erwähnt, dass Hitzig in Folge von Exstirpationen „im Bereiche des Hinterlappens", welche die Windungen *o*

und *n* treffen, Blindheit eintreten sah, eine Angabe, die sich mit den Begrenzungen dieses Rindenfeldes, welche FERRIER angiebt, sowie mit jenen MUNK's vereinigen lässt.

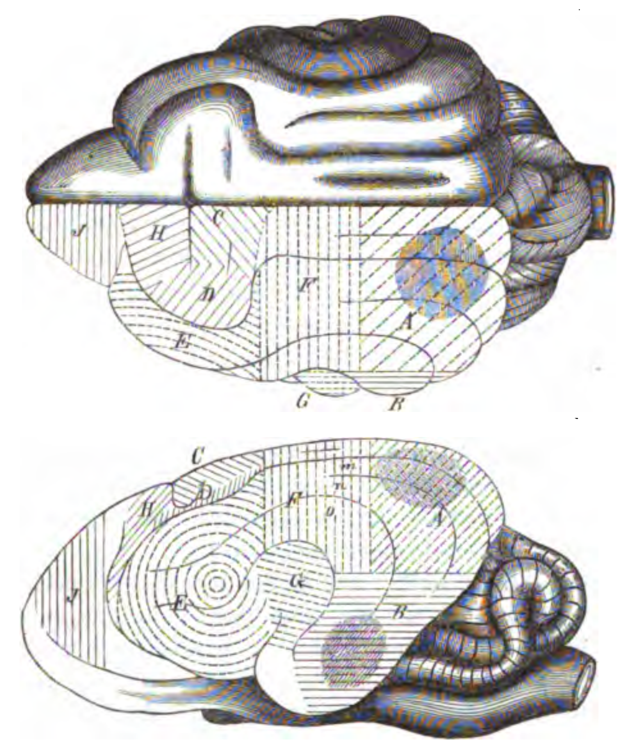


Fig. 11. Hundegehirn nach MUNK. Rindenfelder: *A* des Auges, *B* des Ohres, *C* der Empfindungen des Hinterbeines, *D* des Vorderbeines, *E* des Kopfes, *F* des Schutzapparates des Auges, *G* der Ohrregion, *H* des Nackens, *J* des Rumpfes.

Hatte MUNK das Feld *A* in grösstmöglicher Ausdehnung vernichtet, so war der betreffende Hund auf dem gegenübergelegenen Auge vollständig blind, er stiess, wenn das gleichseitige Auge verbunden war, an Hindernisse an, und wagte sich deshalb kaum von der Stelle. Nach Wochen besserte sich dieser Zustand soweit, dass das Thier beim langsamen Gehen Hindernissen ausweichen konnte. Wurde nur ein Theil des Rindenfeldes exstirpirt und das gleichseitige Auge verbunden, so war an einem solchen Hunde nur bei genauerer Untersuchung Sehstörung nachzuweisen. Die Art dieser Störung war so, als hätte das Thier an einer Stelle der Netzhaut die Sehfähigkeit verloren. In der That hat MUNK durch diese Versuche die Ueberzeugung bekommen, dass sich in dem Rindenfeld *A* gewisser-

maassen eine Projection der Netzhaut findet; auch der Ort des deutlichsten Sehens[1] ist hier vertreten (in der Abbildung als schraffirter Kreis wiedergegeben), hat aber eine andere Bedeutung, als in der Netzhaut. Exstirpirt man nämlich dieses Rindenstück, so verhält sich das Thier nicht wie ein blindes, auch nicht so, als wäre es auf der correspondirenden Netzhautstelle blind, sondern es verhält sich so, als hätte es alle Erinnerungsbilder der früheren Gesichtsvorstellungen vergessen — natürlich immer nur für das gegenüberliegende Auge. Hat man das gesunde Auge verbunden oder hat man jene centrale Stelle des Rindenfeldes beiderseits exstirpirt, so findet sich das Thier Hindernissen gegenüber noch ganz gut zurecht, es kriecht unter einem Schemel durch, steigt über den vorgehaltenen Fuss etc. Jedoch freut es sich nicht mehr beim Anblick eines sonst lebhaft begrüssten Menschen, es kümmert sich nicht um andere Hunde, es findet nicht mehr den Futtertrog und den Wassernapf; Feuer vor das Auge gehalten macht das Thier nicht blinzeln, die Peitsche schreckt es nicht mehr. Ein solches Thier war abgerichtet die Pfote zu geben, wenn man die Hand vor seinem Auge vorbeibewegt hatte. Nach der Operation that es auch dies nicht mehr. Kurz wir haben es hier mit Erscheinungen zu thun, welche jenen entsprechen, die GOLTZ bei seinen ausgedehnteren Hirnverletzungen gefunden hat.

MUNK beobachtete auch, wie in solcher Weise operirte Hunde wieder sehen lernten, d. h. die ihnen verloren gegangenen Erinnerungsbilder wieder erwarben. Hat man einem solchen Thiere ein paar Male die Schnauze in den Wasserkübel gesteckt, so sucht es ihn dann selbst wieder auf, es lernt wieder die Menschen kennen etc. Worüber es keine neuen Erfahrungen zu machen Gelegenheit hatte, das ist ihm auch noch nach Wochen neu und fremdartig. Es stutzt noch vor der Treppe, es fürchtet sich nicht vor der Peitsche, auch nach Wochen, wenn es über erstere noch nicht gegangen und letztere noch nicht gefühlt hat. MUNK unterscheidet demnach zwei Arten der Blindheit: 1) die R i n d e n b l i n d h e i t, hervorgerufen durch die Vernichtung des um den schraffirten Theil von *A* gelegenen Feldes. Sie beruht darauf, dass das Thier wirklich keine Gesichtsvorstellungen erhält; 2) die S e e l e n b l i n d h e i t, hervorgerufen durch Exstirpation jener schraffirten Stelle, beruht darauf, dass das Thier die Gesichtseindrücke nicht versteht, weil es keine Erinnerungsbilder mehr hat.

Analoge Rindenfelder für den Gesichtssinn, wie die besprochenen,

1 Der, so viel man weiss, anatomisch in der Netzhaut beim Hunde nicht charakterisirt, aber nach MUNK's Angabe in der äusseren Hälfte derselben liegt.

hat Ferrier bei der Katze, dem Schakal, dem Kaninchen und bei der Taube[1] nachgewiesen.

2. *Das Rindenfeld des Ohres.*

Dieses Rindenfeld wird beim Affen von Ferrier in die obere Schläfenwindung verlegt (Fig. 7, *14*). Hauptsächlich sind es Reizversuche, welche ihn zu dieser Localisation führen, doch hat er auch Exstirpationsversuche gemacht. Munk verlegt bei diesem Thiere das Rindenfeld des Ohres in den Schläfelappen bei *B* Fig. 10.

Versuche, welche Munk am Hunde ausgeführt hat, liessen ihn das Rindenfeld des Ohres in den ganzen Schläfelappen verlegen. Beiderseitige Functionsunfähigkeit von dessen Rinde machte die Hunde vollkommen taub, so dass sie auf jede Art von Geräuschen nicht mehr die Ohren spitzten. Analog der früheren Bezeichnung der „Rindenblindheit“ nennt sie Munk in diesem Zustande „rindentaub“. Auch eine „Seelentaubheit“ lässt sich nachweisen. Die in *B* Fig. 11 gelegene schraffirte Stelle verhält sich analog der betreffenden Stelle des Rindenfeldes für das Auge. Sie allein auf beiden Seiten zerstört, macht den Hund nicht taub, er hört noch Geräusche, d. h. er spitzt noch die Ohren, aber er versteht nicht mehr was man will, wenn man ihm „bst“, „komm“, „hoch“, „schön“, „Pfote“ etc. zuruft, obwohl er vor der Operation auf diese Worte hörte. Auch dieser Hund kann seine Gehörsvorstellungen wieder erwerben, so dass er sich nach 4—5 Wochen wie ein normaler verhält.

3. *Rindenfelder der niederen Sinne.*

Was die Rindenfelder der übrigen Sinnesorgane anbelangt, so gehen die Angaben der beiden Experimentatoren Ferrier und Munk gänzlich auseinander. Ersterer verlegt das Rindenfeld für die Tastempfindungen der gegenüberliegenden Seite in den Hippocampus major und den Gyrus hippocampi (das Subiculum). Im Gyrus uncinatus (Fig. 7, *15*) sieht er das Rindenfeld für Geschmack und Geruch, und vom Hinterhauptlappen vermuthet Ferrier, dass er das Rindenfeld für das Gemeingefühl (Hunger, Missbehagen u. s. w.) darstellt.

Munk hingegen ist der Ansicht, dass die Rindentheile der convexen Oberfläche des Gehirns, welche nicht dem Auge und Ohre angehören, dem Tastgefühle, den Muskel- und Innervationsempfin-

[1] Ferrier scheint sich bei diesen Angaben nur auf die Reizversuche zu stützen. Für die Taube hat Mc. Kendrick (Observations and Experiments on the corpora striata and Cerebral Hemispheres of Pigeons. Roy. Soc. Edinburg 1873) gezeigt, dass die Exstirpation der Rindenstelle, deren Reizung Verengerung der Pupille ergiebt, das betreffende Auge blind macht.

dungen vorstehen; und zwar lassen sich den Bezirken der Hautoberfläche und den darunter liegenden Muskeln entsprechend Unterabtheilungen dieses grossen Rindenfeldes unterscheiden.

Es gehört die in ihren Grenzen durch Schraffirung in der Fig. 11 — sowie für den Affen in Fig. 10 — bezeichnete Stelle *C* den Tast-, Muskel- und Innervationsempfindungen des Hinterbeines; die Stelle *D* dem Vorderbeine, *E* dem Kopfe, *F* dem Schutzapparat des Auges und der Cornea, *G* der Ohrregion, *H* dem Nacken, und *J* dem Rumpfe an.

Ist im Rindenfeld *D* eine Exstirpation vorgenommen, so reagirt der Hund auf Druck, Stechen u. dergl. der Vorderpfote der anderen Seite weniger als ein normaler[1], er lässt sich dieses Bein, wie schon öfter besprochen, in unbequeme Stellungen bringen, ist ungeschickt, und der Hund kann die Pfote nicht mehr geben.

Wird beim Affen das Feld *E* verletzt, so zeigen sich Bewegungsstörungen an der gegenseitigen Zungenhälfte, sowie an den um den Mund gelegenen Muskeln, ferner Mangel des Druckgefühles dieser Seite. Tritt dieselbe Verletzung in *F* ein, so verhält sich das Thier so, als wüsste es von Insulten, welche die Hornhaut treffen, nichts, es wehrt sich nicht und macht keine Fluchtversuche, es blinzelt auch nicht, wenn man mit der Hand hart vor dem Auge vorbeifährt. Das Blinzeln bei Berührung der Hornhaut aber, als Reflexbewegung, ist erhalten.

Exstirpationen in *G* machen beim Affen Bewegungslosigkeit der Ohrmuschel, beim Hunde auch Herabsetzung der Tastempfindungen ebenda; in *H* beim Hunde ein Schiefhalten des Kopfes, so dass derselbe nach der verletzten Seite gewendet ist, und verminderte Tastempfindung an der der Exstirpationsseite gegenüberliegenden Fläche der Halshaut.

Vernichtung des Rindenfeldes *J* hat zur Folge, dass der Hund die Rückenmuskeln der anderen Seite nicht mehr willkürlich bewegen kann. Ist die Operation z. B. links ausgeführt, so dreht sich der Hund, wenn er sich umkehren will, immer links, er kann sich nicht mehr nach rechts wenden. Ist die Operation beiderseits ausgeführt, so krümmt sich der Rücken katzenbuckelartig und bleibt in dieser Stellung, während der Hund im übrigen ganz wohl beweglich ist, Kopf und Hals in normaler Weise wendet.

---

1 Solche Erscheinungen hat zuerst Schiff (Sui pretesi centri mot. degli emisferi cerebrali. Riv. sperim. di freniatria e di med. leg. d. Reggio-Emilia. 1876) gefunden.

Es ist hier nicht der Ort auf alle jene Vorstellungen einzugehen, welche man sich über die psychischen Vorgänge gebildet hat, welche in einem Thiere statthaben, dem ein Rindenfeld exstirpirt ist, oder an welchem ein solches gereizt wird. Es genügt, noch einmal die Aufmerksamkeit darauf zu lenken, dass man es hier nicht mit gewöhnlichen Lähmungen und Anästhesieen zu thun hat; was wir an dem untersuchten Thiere beobachten, sind immer nur Bewegungen oder Bewegungsstörungen — von seinen Empfindungen wissen wir nichts — und deren sind uns durch anderweitige Beobachtungen zweierlei geläufig, die hier in Betracht kommen können: Bewegungen, welche von Aussen veranlasst ohne Willensimpuls zu Stande kommen können, wie Reflexbewegungen. In der That hält SCHIFF (l. c.) und in gewissem Sinne auch BROWN-SÉQUARD[1] die von den motorischen Rindenfeldern ausgelösten Bewegungen für reflectorisch. Ferner Bewegungen, welche von Aussen veranlasst durch, den Willensimpulsen analoge, centrale Innervationen, aber gezwungen zu Stande kommen. Hierher gehören die Bewegungen, die wir bei Schwindel, hervorgerufen z. B. durch die Durchleitung eines elektrischen Stromes durch den Kopf ausführen, hierher gehören aller Wahrscheinlichkeit nach gewisse Bewegungen bei Thieren, denen eine Verletzung im Bereiche des Nervensystemes beigebracht ist, z. B. jene Verdrehungen der Augen bei Kaninchen, die von MENIÈRE'scher Krankheit befallen sind[2], hierher gehört weiter eine grosse Anzahl von Zwangsbewegungen, die aus pathologischen Fällen bekannt sind.[3]

Aehnlich verhält es sich mit den Lähmungserscheinungen. Wir kennen solche, bei welchen der Muskel unvollkommen oder gar nicht in Contraction geräth, obwohl eine willkürliche Innervation gesetzt wird. In den Scheinbewegungen, welche bei Lähmungen der Augenmuskelnerven eintreten, liegt der Beweis, wenn ein solcher noch nöthig wäre, dass die centrale Innervation gesetzt wird.

Andererseits kennen wir aus pathologischen Fällen Motilitätsstörungen, die dadurch bedingt sind, dass es dem betreffenden Individuum unmöglich ist, jenen centralen Willensimpuls zu setzen. Als Beispiel kann hier die Aphasie dienen.[4] Manches aphasische Individuum kann ein Wort wohl schreiben, es kann aber die Innerva-

1 BROWN-SÉQUARD, Introduction à une série de mémoires sur la physiologie de divers. port. de l'encéphale. Arch. d. physiol. norm. et pathol. 1877.

2 Vergl. SIGM. EXNER, Kleine Mittheilung. physiol. Inhaltes. Sitzgsb. d. Wiener Acad. d. Wiss. 1874.

3 Vergl. den Fall in BRÜCKE's Vorlesungen über Physiologie. 2. Aufl. II. S. 63.

4 Vergl. BRÜCKE l. c. S. 58.

tionen der Mundmuskeln nicht treffen, welche zum Aussprechen des Wortes führen.

Es fragt sich, welcher von diesen beiden Lähmungsarten wir die bei Exstirpation eines Rindenfeldes beobachteten, und welcher der beiden unwillkürlichen Bewegungsweisen, wir jene Bewegungen zuzählen wollen, welche auf Reizung eines Rindenfeldes eintreten.

Mit den Beobachtungsthatsachen stimmt die letztere Auffassung besser überein, so dass wir wohl anzunehmen haben, es fallen bei den Exstirpationsversuchen Innervationsimpulse weg, welche sonst willkürlich gesetzt wurden, es seien die centralen Verbindungen zwischen den Trägern der Vorstellungen und jenen Innervationsbahnen unterbrochen; und es werden bei den Reizversuchen Innervationsimpulse gesetzt, welche, wenn sie auch natürlich nicht gleich jenen bei Zwangsbewegungen sind, doch ihnen nahe stehen. Näheres lässt sich wohl nicht über diese Bewegungen aussagen; ob sie die Folge von wachgerufenen Vorstellungen sind und in welcher Weise sich Bewusstsein und die Empfindung der Willkür an ihrer Ausführung betheiligt, wird man wohl erst dann erfahren, wenn es möglich sein wird, solche Reizversuche an einem Menschen auszuführen.[1]

Eine besondere Schwierigkeit für die Deutung der in Rede stehenden Versuche bietet die Vergänglichkeit der Erscheinungen nach der Exstirpation. Je grösser die Läsion ist, desto länger währen im Allgemeinen die Erscheinungen, deren Dauer theils nur Tage, theils Monate beträgt. Es wird auch angegeben, dass nach gewissen Läsionen eine Restitution überhaupt nur spurweise eingetreten ist, doch ist wohl heute die Anzahl und zeitliche Ausdehnung der Versuche noch zu gering, um in dieser Beziehung feste Sätze aussprechen zu können. Die einen meinen, dass die Restitution der Functionen auf vicariirendes Eintreten der anderen Hemisphäre beruht, die anderen, dass die Functionen der exstirpirten Stelle von den unversehrten umliegenden Gehirntheilen desselben Rindenfeldes übernommen werden.

---

1 Ein solcher Versuch ist schon einmal angestellt worden (Bartholow, Am. Journ. of the med. sc. April 1874). Ich kann nicht entscheiden, ob der Schrei der Entrüstung, welcher sich an diesen Versuch knüpfte, für jedes derartige, aber sorgsamer ausgeführte, Experiment am Menschen berechtigt wäre. Aus jenem aber ergibt sich, so weit ich dieses aus Referaten entnehmen kann — das Original ist mir nicht zugänglich — nichts, was uns in der angedeuteten Beziehung belehren würde.

ZWEITES CAPITEL.

Specielle Physiologie der Grosshirnrinde des Menschen.

Es ist schon darauf hingewiesen worden, dass ein wesentlicher Umstand, der dem Durchgreifen der Anschauungen über localisirte Functionen der Hirnrinde im Wege stand, in einer Reihe von Erfahrungen über zum Theil sehr bedeutende Gehirnverletzungen besteht, bei welchen eine merkliche Störung der geistigen Functionen nicht eingetreten ist. Aus der grossen Anzahl in der Literatur verzeichneter Fälle[1] mögen hier einige kurz angeführt werden.

Berenger de Carpi[2] erzählt von einem jungen Manne, dem ein vier Querfinger breiter und ebenso langer Körper soweit in die Hirnmasse getrieben war, dass er von dieser verdeckt wurde. Beim Entfernen ging Gehirn verloren, ein zweiter Antheil desselben löste sich nach 13 Tagen von selber. Der Mensch genas, zeigte keine krankhafte Erscheinung, lebte noch lange und gelangte zu den höchsten geistlichen Würden.

Longet (l. c.) kannte einen General, der durch eine Schädelwunde in der Scheitelgegend einen starken Gehirnverlust erlitten hatte. Dieser Defect manifestirte sich dauernd durch eine Einsenkung dieses Schädelbezirkes. Der General behielt die Lebhaftigkeit seines Geistes, sein richtiges Urtheil zeigte auch sonst keinerlei krankhafte Erscheinungen, nur gab er an, bei geistiger Arbeit rasch zu ermüden.

Quesnay[3] erzählt von einem alten Diener, dessen rechtes Scheitelbein zertrümmert wurde. Täglich quoll Hirnmasse aus der Wunde und wurde abgetragen. Am 18. Tage stürzte der Kranke aus dem Bette, was weitere beträchtliche Gehirnverluste zur Folge hatte. Am 35. Tage betrank er sich: neuer Austritt von Gehirnmasse, welche sich der Betrunkene mit dem Verband losriss. Am folgenden Tage war zu constatiren, dass der Defect fast bis zum Balken reichte. Der Kranke genas, seine psychischen Functionen stellten sich vollkommen wieder her, doch blieb er auf der linken Seite gelähmt.

Bei einer Felsensprengung traf einen jungen Mann eine 3′ 7″ lange und $1^1/_4$″ dicke Eisenstange, drang demselben in der Nähe des linken Kiefergelenkes ein, durchbohrte den Schädel und kam in der Stirngegend derselben Seite wieder zum Vorschein, wobei sie die Hemisphäre durch-

---

1 Vergl. die Zusammenstellung in Longet, Anat. et Physiol. du système nerveux de l'homme et des animaux vertébrès. I. Paris 1842; Duperthuis et Masson, Revue méd. 1853; Bouillaud, Traité de l'Encéphalite. p. 331; Trossueau, de l'Aphasie. Gaz. hebdm. 1864; Congrève Selvyn, Lancet. 1838; Marot, Soc. anatom. 1876; eine Zusammenstellung derartiger Fälle in Pitres, Lesions du Centre ovale. Paris 1877.

2 Berenger de Carpi, De fractura cranii. Leydae 1715. Cit. nach Longet.

3 Quesnay, Remarques sur les plaies du cerveau. Mém. de l'Acad. de Chirurgie. I. 1819. Cit. nach Longet.

bohren musste. Der Mann genas, lebte noch 12½ Jahre, und zeigte, abgesehen von der durch Verletzung des Auges bedingten Blindheit, keine abnormen Erscheinungen, mit Ausnahme eines gewissen Eigensinnes, Launenhaftigkeit und Widerspenstigkeit.[1]

Es kann eine ganze Hemisphäre verkümmert sein ohne Beeinträchtigung der psychischen Functionen. Doch scheinen dann regelmässig Motilitätsstörungen der gegenüberliegenden Seite zu bestehen.

Ein psychisch normales Individuum, das — wie es angab — seit seiner Geburt linksseitig gelähmt war, starb an Phthisis. Bei der Section zeigte sich der Platz der rechten Hemisphäre von einer serösen Flüssigkeit ausgefüllt.[2]

Derlei Fälle liessen sich noch eine grosse Menge anführen. Es muss eingestanden werden, dass das Verständniss derselben durch die neuen Forschungen eher erschwert als erleichtert wurde. Trotzdem aber ergibt sich bei genauerem Studium pathologischer Fälle eine Bestätigung der Anschauung, dass verschiedene Hirnrinden-Antheile verschiedenen Functionen dienen.

Es ist dies der einzige Weg, der uns offen steht, wenn wir uns Kenntnisse über die physiologische Bedeutung der verschiedenen Rindengebiete des Menschen verschaffen wollen. In erster Linie handelt es sich hier um die Vergleichung der im Leben bestehenden Symptome mit dem Obductionsbefund in jenen Fällen, in welchen eine gut begrenzte, nicht bis in die Stammganglien reichende Erkrankung der Rinde vorliegt. Es steht uns eine ziemlich reichhaltige Casuistik solcher Fälle zu Gebote.[3]

Noch wichtiger, freilich auch viel seltener, sind jene Fälle, in welchen wegen Jahre fortgesetzten Nichtgebrauches von Muskelgruppen (z. B. eines Beines wegen Verkürzung) oder Sinnesorganen (z. B. Erblindung) Atrophie von Gehirnwindungen nachweisbar ist.

1 Dieser Fall geht unter dem Namen American crow-bar-case und ist zuerst von Bigelow (Amer. journ. of the med. scienc. Juli 1850), dann von Harlow (Recovery from the passage of an iron bar through the head. Boston 1869) beschrieben, und von Ferrier (Ferrier's Functionen des Gehirnes. Uebers. v. Obersteiner. Braunschweig 1879) reproducirt und ergänzt.

2 Lallemand, Rech. anat. pathol. sur l'encéphale. lettre VIII. und Triardière, La clinique. III. Cit. nach Longet. Cruveilhier giebt eine Abbildung eines Falles, in welchem die eine Hemisphäre kaum mehr als ein Dritttheil des normalen Volumens der anderen hatte (Anat. path. 8. Livr. Taf. 5).

3 Vergl. die Zusammenstellungen: Mangliano, Le localizzazione motrici nella corteccia cerebrale. Rivista sperimentale di freniatria e di medic. ley. 1878; Charcot und Pitres in der Revue mensuelle 1877 und 1878; Lépine, De la localisation dans les maladies cérébrales. Paris 1875; Charcot, Leçons sur les localisations dans les maladies du cerveau. Paris 1876; Ferrier, The localisation of cerebral disease. London 1878; Bernhardt, Arch. f. Psychiatrie 1874; Hughlings-Jackson, Med. Times and Gaz. 1875, 1877. Die genannten Quellen können zur ersten Orientirung auf diesem Felde dienen. Es ist hier nicht der Ort noch weitere Literatur dieses Gegenstandes anzuführen.

Was auf diesem Wege bisher mit Sicherheit hat constatirt werden können, ist in Folgendem zusammengestellt.[1]

I. Die nicht motorischen Rindenfelder des Menschen.

Betrifft eine Läsion den Stirnlappen, Schläfelappen, oder den Hinterhauptslappen, so kann sie ohne jede Motilitätsstörung, ohne Sensibilitätsstörung und ohne Störung der geistigen Functionen verlaufen.

Es gehört hierher ein grosser Theil jener Fälle — wahrscheinlich alle, es ist dies nicht leicht mit Sicherheit zu constatiren — in welchen verhältnissmässig grosse Gehirnverletzungen keine dauernden Störungen hervorgerufen haben. Einige solche sind oben angeführt worden.

Auch anderweitige Krankheitsfälle dieser Art liegen mehrere vor, von denen ich, die wichtigsten Rindenregionen betreffend, einige herausgreife: Einer[2], in welchem der grösste Theil des linken Stirnlappens bis zum Gyrus centr. ant. zerstört war und keine anderen Symptome zeigte als allgemeine epileptiforme Anfälle, zum Theil an hysterische Krämpfe erinnernd und einigemale wiederholtes Erbrechen. Ein anderer, von Boyer[3] publicirter Fall, betraf ein epileptisches[4] Kind, an welchem keinerlei weitere nervöse Erscheinungen zur Beobachtung kamen. Bei der Section zeigte sich der ganze linke Schläfelappen zerstört. In einem dritten Falle hatten vom Schädeldach ausgehende Knochenwucherungen die Hirnrinde des rechten Lobul. pariet. sup. und des Gyr. occip. prim. 1,5 Ctm. tief eingedrückt; im Leben war keinerlei Symptom, das auf eine Gehirnerkrankung hätte schliessen lassen.[5]

Wenden wir unsere an Thieren gewonnenen Anschauungen auf diese und ähnliche Fälle an, so müssen wir sagen, dass zum mindesten in einem Theil derselben sensible Rindenfelder ohne irgend einen nachweisbaren Effect zerstört wurden. Es sind dies nicht etwa vereinzelte Fälle, sondern es gehört zu den Seltenheiten, dass bei Rindenläsionen gut nachweisbare Sensibilitätsstörungen auftreten.[6]

---

1 Es soll nicht verschwiegen werden, dass es immer noch Autoren giebt, welche die Idee von der Localisation der Functionen in der Hirnrinde, speciell gestützt auf pathologische Befunde, von sich weisen.

2 Charcot und Pitres, Rev. mensuelle de méd. et de chirurg. 1878. pag. 810. Observ. XIX.

3 Boyer, Bull. de la Soc. anat. p. 612. Paris Dec. 1877.

4 Sowohl in diesem wie im ersten Falle hatte man es mit allgemeinen epileptischen Anfällen zu thun, die nicht mit solchen, welche sich auf bestimmte Muskelgruppen oder nur auf eine Seite beziehen, wie sie bei Erkrankung der motorischen Rindenfelder vorkommen, verwechselt werden dürfen.

5 Lebec, Progres medical. 1877. p. 887.

6 Hierher gehört ein von Hughlings-Jackson (Med. Times and Gaz. 5. Juni 1875. p. 606) mitgetheilter Fall, in welchem eine übrigens auch motorische Störungen zeigende Frau die Empfindungstäuschung hatte, als läge sie mit dem Rücken im Wasser.

Andererseits sind in neuester Zeit Fälle bekannt geworden, in welchen Atrophie von Hirnwindungen in Folge von Blindheit oder Taubheit eingetreten war.[1] Erstere betraf den Hinterhauptslappen (die Stelle der Rinde, an welcher die Fissura parieto-occipitalis von der medialen Seiten auf die convexe übertritt), letztere den Schläfelappen. Blindheit eines Auges bewirkte Atrophie in beiden Hemisphären, ähnlich wie dies bei lebenslänglichem Nichtgebrauch einer Extremität geschehen kann.[2]

Die Fälle über secundäre Atrophie in Folge von Nichtgebrauch eines Sinnesorganes sind noch zu spärlich, um die sensibeln Rindenfelder des Menschen bestimmen zu lassen, so viel aber geht aus ihnen schon hervor, dass sie im Grossen und Ganzen ähnlich liegen, wie nach den Versuchen an Thieren zu erwarten war. Hingegen ist ein wesentlicher Punkt, in welchem die Erfahrungen, die am Menschen gewonnen sind, von jenen des Thierversuches abweichen: *Beim Menschen ergeben einseitige Zerstörungen der sensibeln Rindenfelder in der grössten Mehrzahl der Fälle keine Sensibilitätsstörungen. Die Sensibilität verhält sich in dieser Beziehung ebenso wie die eigentlichen psychischen Functionen und entgegengesetzt der Motilität.*

Als Paradigma für diesen Satz kann der S. 334 angeführte Fall dienen, in dem in Folge Zerstörung einer ganzen Hemisphäre zwar keine psychische und keine dem Sinnesgebiet angehörige Anomalie, wohl aber Lähmung der entgegengesetzten Seite während der ganzen Lebensdauer vorhanden war.[3]

Wir haben vorläufig nicht das Recht, alle Rindenpartieen des Menschen, welche nicht motorisch sind, als sensibel anzusehen. Deshalb ist hier die etwas sonderbar erscheinende Eintheilung in nicht motorische und motorische Rindenfelder gewählt.

Bei der Section zeigte sich ein Tumor am Uebergang des Gyrus frontalis sup. in den Gyrus central. ant. linkerseits. In einem andern Falle desselben Autors (vergl. Bernhardt, Arch. f. Psychiatrie 1874. S. 713) waren Sensibilitätsstörungen Folge eines haselnussgrossen Tuberkels der am hinteren Ende des G. front. inf. sass.

1 Vgl. Huguenin, Beitrag zur Physiologie der Grosshirnrinde. Correspondenzbl. d. schweizer Aerzte 1878. No. 22. u. Centralbl. f. Nervenheilkunde etc. v. Erlenmeyer 1. Jänner 1879.

2 Vergl. einen Fall von Oudin, Rev. mensuelle de méd. et de chir. 1878. p. 190. Uebrigens war Gudden (Experimentaluntersuchungen über das peripherische und centr. Nervensystem. Arch. f. Psych. II. S. 693. 1869) nicht im Stande, an Kaninchen, einem Hunde und einer Taube, denen gleich nach der Geburt je ein Auge exstirpirt war, später Rindenatrophien nachzuweisen.

3 Jüngst ist von Kussmaul (Störungen der Sprache. S. 145. Leipzig 1877) ein Fall publicirt worden, welcher dem eben genannten ähnlich war, aber sich dadurch von ihm unterschied, dass das der grösstentheils geschwundenen Hemisphäre gegenüberliegende Auge „erblindet“ war. Es ist nicht ausdrücklich gesagt, ob dies Erblindung von Geburt aus war.

II. Die motorischen Rindenfelder des Menschen.

Etwas mehr als über die sensibeln Rindenfelder lässt sich über die motorischen aussagen.

Aehnlich wie beim Hunde um den Sulcus cruciatus herum eine motorische Zone liegt, ist dies beim Menschen um den Sulcus centralis (ROLANDO'sche Furche) der Fall.[1] Es handelt sich hier also in erster Linie um den Gyrus centralis ant., den Gyrus centralis post. und ihre Fortsetzung auf die mediale Fläche des Gehirns, im Lobulus paracentralis. Ob auch noch Stellen, welche diesen beiden Windungen benachbart sind, mit zu dem motorischen Rindenfeld gehören, ist zwar wahrscheinlich, doch heute noch nicht mit Sicherheit zu entscheiden.

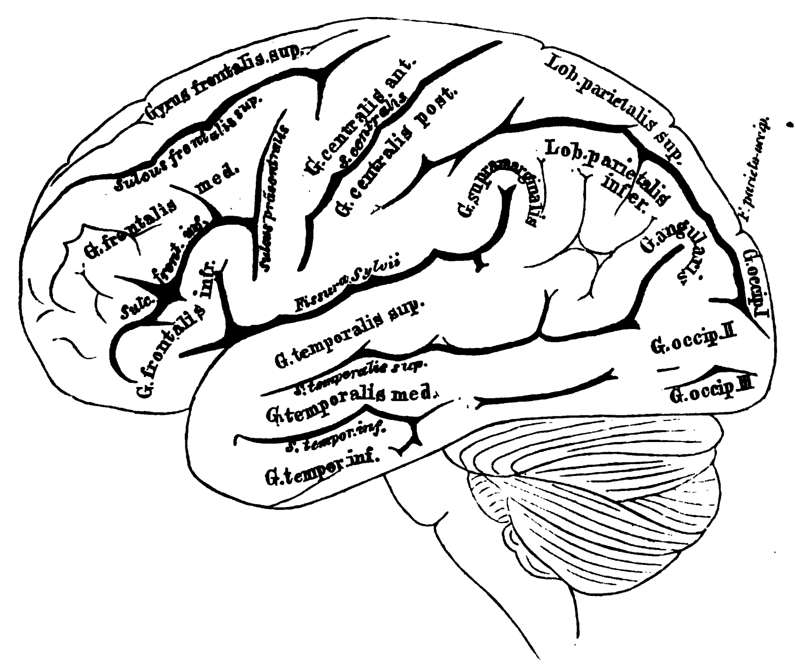


Fig. 12. Seitenansicht des Gehirns (nach ECKER). Die Gyri und Lobuli sind mit Antiqua-Schrift, die Sulci und Fissurae mit *Cursiv-Schrift* bezeichnet.

Ich habe unter vielen (wohl mehrere Hunderte) Fällen, welche in der Literatur verzeichnet sind, bisher fünfzig ausgelesen, welche sich zur Entscheidung der Fragen über Rindenlocalisation eignen, auch hinlänglich genau beobachtet und beschrieben sind. Unter

[1] Schon vor mehreren Jahren analogisirte HITZIG die erregbare Zone des Hundehirns dem menschlichen Scheitelhirn (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1873. S. 428).

Fig. 13. Seitenansicht des Gehirns (nach Ecker). Das motorische Rindenfeld, bestehend aus dem Gyrus centralis anterior und dem Gyrus centralis posterior nebst dem auf Fig. 14 verzeichneten Lobulus paracentralis, ist schattirt.

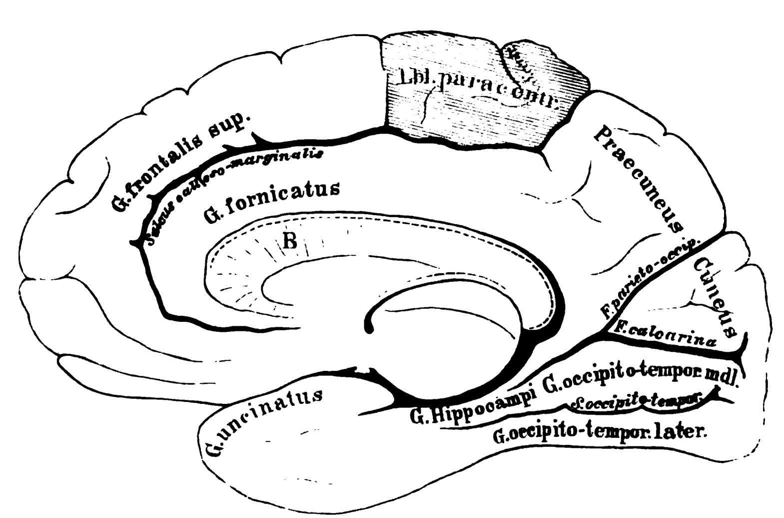


Fig. 14. Ansicht der medialen Grosshirn-Oberfläche wie sich dieselbe zeigt, wenn die beiden Hemisphären durch einen sagittalen Schnitt von einander getrennt werden. *B* Balken. Die Bezeichnungsweise wie in Fig. 12. Der Lobulus paracentralis als zum motorischen Rindenfeld gehörig schattirt. (Copie nach Ecker, nur ist der Lobulus paracentralis schärfer als im Originale hervorgehoben.)

diesen befinden sich 30, bei welchen der Sitz der Krankheit ganz oder zum Theil die genannten Gyri sind. In allen diesen Fällen waren Motilitätsstörungen der der Läsion gegenüberliegenden Seite vorhanden, und es ist mir unter allen Fällen nicht einer vorgekommen, in welchem einigermaassen ausgedehnte[1] Zerstörung dieser Windungen, ohne Beeinträchtigung der Motilität der gegenüberliegenden Seite, vorhanden gewesen wäre.[2]

Die Schwierigkeiten, welche sich einer sichereren und genaueren Abgränzung des motorischen Feldes entgegenstellen, liegen in einer ganzen Reihe von Umständen: man weiss gewöhnlich nicht, selbst wenn die Umgränzung der Erkrankung genau angegeben ist, ob und in wieweit die benachbarten grauen und die darunter liegenden weissen Massen trotz ihres normalen Aussehens leistungs- und leitungsfähig geblieben sind. Deshalb sind Resultate, zu welchen man per exclusionem gekommen ist, viel vertrauenerweckender als die auf gewöhnlichem Wege gefundenen. Also nicht die Fälle, in welchen ein kleiner Erkrankungsherd eine kleine functionell eng umschriebene Motilitätsstörung zur Folge hatte, sind die interessantesten Fälle, sondern die, wo grosse Läsionen eine kleine Rindeninsel übrig gelassen haben, und dem entsprechend nur ein kleiner Rest der Functionen vorhanden ist.

Eine zweite Schwierigkeit liegt darin, dass vermuthlich beim Menschen, so wie diess oben für Thiere erwähnt wurde, die Rindenfelder nicht immer genau dieselbe Lage gegen die Gyri haben.

Endlich wissen wir noch gar nichts darüber, ob ein Rindenfeld scharf begränzt ist, oder ob es in Bezug auf seine uns bekannte Function an seiner Gränze allmälig ausläuft, ob sich die Rindenfelder ungleichartiger Muskelgruppen ganz oder theilweise decken können, etc.

Es darf nicht verschwiegen werden, dass Charcot und Pitres[3] auf Grund einer grossen Reihe selbst beobachteter, sowie auch frem-

1 Es sind mir zwei Fälle bekannt, in welchen die Läsion die motorische Zone betrifft, ohne dass Bewegungsstörung bemerkt worden war. Der eine rührt von Obersteiner (Wiener med. Jahrbücher 1878. S. 286) her. Es sass eine „ganz kleine“ Geschwulst, die nicht mehr als 30—40 Riesenpyramiden zerstört haben mochte, im Lobulus paracentralis. Auffallender ist der zweite Fall (Samt, Arch. f. Psychiatrie V. 1875). Hier waren in einem Gehirn an 40 Cysticercusblasen, von denen eine in der Grösse von 1,5 Cm. Durchmesser in der vorderen Centralwindung sass. Dass sie bei dieser Grösse keine im Leben zur Beobachtung kommenden Symptome hervorbrachte, findet vielleicht in dem langsamen Wachsthum und in dem Umstand seinen Grund, dass hier keine eigentliche Zerstörung, sondern nur ein Beiseitedrängen der Gehirnmasse stattfinden konnte. Auch hatte man es hier mit einem an den allerheftigsten Kopfschmerzen schwer darniederliegenden Menschen zu thun, bei welchem eine kleine Motilitätsstörung wohl der Beobachtung entgehen konnte.

2 Es ist dieses Resultat durchaus nicht neu. Doch ist angesichts der differenten Ansichten, die über diesen Punkt noch herrschen, absichtlich hervorgehoben, dass es auf einer neuen Sammlung von Fällen beruht, die nur zu einem kleinen Theile identisch sind mit jenen Fällen, welche andere Autoren (Charcot und Pitres) zu einer ähnlichen Ansicht führten. Auch mag in dieser Beziehung von Interesse sein, dass ich jene Grenzen in der oben angegebenen Weise ermittelt hatte, ehe ich das Endresultat jener Autoren kannte.

1 Charcot et Pitres, Revue mensuelle de méd. et de chir. Juin 1877. p. 437.

der Fälle das motorische Rindenfeld etwas weiter ausdehnen, als dies hier geschehen ist. Diese Autoren rechnen nämlich noch die hinteren Antheile der drei Frontalwindungen hinzu, zweifeln aber selbst, ob dies mit Recht geschieht. Auch Lepin[1] rechnet den Gyr. front. inf. mit zur motorischen Zone.[2]

Es ist oben (S. 316) hervorgehoben worden, dass Betz[3] die motorische Zone des Hundegehirns durch eigenthümliche grosse Pyramidenzellen ausgezeichnet fand.

Ebensolche Zellen, in gleicher Weise zu Gruppen vereinigt, in der dritten Schichte der Hirnrinde eingebettet, fand nun Betz auch beim Menschen und Affen. Das Verbreitungsgebiet derselben ist die ganze vordere, das obere Ende der hinteren Centralwindung und der Lappen der medialen Gehirnfläche, welcher die Fortsetzung der beiden Centralwindungen bildet. Diese Zellen sind in der rechten Hemisphäre zahlreicher, vielleicht auch grösser als in der linken, sind spärlich vertreten bei ganz jungen Individuen, bei sehr alten Leuten mit gelblichen Körnchen theilweise erfüllt (Degeneration?) und fehlen auch nicht bei Idioten.

Hiernach muss man wohl eine Beziehung zwischen diesen „Riesenpyramiden“ und den motorischen Functionen annehmen, denn mit Ausnahme des unteren Theiles des Gyr. centralis post. sind dieselben Rindenantheile physiologisch als motorisch anzusprechen, welche anatomisch durch jene Zellen ausgezeichnet sind.

Es hat schon Ferrier[4] auf einen wichtigen Unterschied aufmerksam gemacht, welcher zwischen den durch Verletzung der motorischen Felder erzeugten (natürlich immer gekreuzten) Lähmungen besteht, je nachdem man es mit dem Menschen und den Affen, oder mit niedriger stehenden Thieren, vor allem mit dem Hunde, zu thun hat. Zerstörung von Rindenfeldern beim Hunde ergab erstens nur unvollständige Lähmung, das Thier machte die gewöhnlichen Bewegungen des Gehens und Laufens ziemlich gut, und zweitens verschwanden auch diese Lähmungen mit der Zeit bis auf Spuren. Bei Affen ist die Lähmung zum mindesten fast vollständig und besserte sich, so lange sie Ferrier am Leben erhalten konnte (es war dies freilich nicht lange), nicht. Die pathologischen Erfahrungen am Menschen zeigen uns auch eine vollständige und dauernde gekreuzte Lähmung jeder Willensbewegung nach Zerstörung der motorischen Rindenfelder.

---

1 Lepine, La Localisation dans les maladies cérébrales. Paris 1875.
2 Vergl. auch M. Rosenthal, Wiener med. Presse 1878. S. 657 u. ff.
3 Betz, Centralbl. f. d. med. Wiss. 1874. S. 578 u. 595.
4 Die Functionen des Gehirns. Uebers. v. Obersteiner. Braunschweig 1879.

Eine genauere Localisation der einzelnen motorischen Functionen in der Rinde scheint mir vorläufig noch nicht mit Sicherheit aufgestellt werden zu können.

Nur das dürfte ausser Frage sein, dass das Rindenfeld der oberen und das der unteren Extremität im oberen Theile der motorischen Zone (s. Fig. 13 u. 14) liegt, während das für einige oder sämmtliche Muskeln, die vom N. facialis versorgt werden, im unteren (an die Fissura Sylvii grenzenden) Theile derselben liegt.

Lepine[1] giebt auf Grund von pathologischen Fällen folgende Localisation an: die Rindenfelder für die beiden Extremitäten liegen in der Umgebung des oberen Theiles des Sulcus centralis, das Rindenfeld für die Muskeln der oberen Gesichtshälfte liegt hinter diesem Sulcus und unter dem erstgenannten Felde. Im Gyrus frontalis inferior sind die Muskeln der Lippe und der Zunge localisirt.

Auf gleicher Grundlage localisiren Charcot und Pitres[2] in nachstehender Weise: die beiden Extremitäten seien vertreten im Lobulus paracentralis und den beiden oberen Dritteln der Gyri centrales, speciell die obere Extremität habe ihr wahrscheinliches Rindenfeld im mittleren Drittel des Gyr. centralis ant. Die Muskeln der unteren Gesichtshälfte seien in den unteren Dritteln der beiden Gyri centrales localisirt.

Ferrier[3] überträgt die von ihm am Affengehirne gefundenen Rindenfelder nach anatomischen Anhaltspunkten auf das Menschenhirn und findet pathologische Fälle, welche ihm die so gefundene Localisation zu bestätigen scheinen. Bei der Vieldeutigkeit jedes einzelnen pathologischen Falles ist es unwahrscheinlich, dass man diese Frage so einfach erledigen kann, wenn man mehr als allgemeine Anhaltspunkte anstrebt.

Es hat Brown-Séquard[4] und Obersteiner[5] darauf aufmerksam gemacht, dass bei Erkrankungen der Hirnrinde viel häufiger Motilitätsstörungen an der oberen Extremität als an der unteren zur Beobachtung kommen. Letzterer fand in seiner Sammlung von Fällen die obere Extremität 11 mal, die untere nur 2 mal ausschliesslich betroffen. Man kann dies so deuten, als wäre das Rindenfeld des Armes entsprechend der functionellen Ausbildung desselben, grösser als das des Beines.

Erwähnt mag noch sein, dass bei Erkrankungen motorischer Felder gewöhnlich nicht einfach Lähmung der betreffenden Muskeln eintritt, dass

1 Lepine, La Localisation dans les maladies cérébrales. Paris 1875.
2 Charcot et Pitres, Revue mensuelle de méd. et de chir. p. 437. Juni 1877.
3 Ferrier, The localisation of cerebral disease. London 1878.
4 Brown-Séquard, On paralysis limited to a limb or to some muscles. Lancet 1877. No. 2—10.
5 Obersteiner, Die motorischen Leistungen der Grosshirnrinde. Wiener med. Jahrbücher 1878.



vielmehr oft die ganz oder unvollständig gelähmten Muskeln Anfällen von klonischen Krämpfen ausgesetzt sind. Häufig stellten sich auch später in diesen Muskelgruppen dauernde Contracturen ein.

III. Das Rindenfeld der Sprache.

Es giebt eine Region der Gehirnrinde, deren Verletzung fast immer mit Sprachstörungen verbunden ist, und von welcher deshalb jetzt allgemein angenommen wird, dass sie in intimer Beziehung zur Sprache steht. Es ist dies die im Grund der Fossa Sylvii liegende Reil'sche Insel und deren nächste Umgebung, insbesondere der Gyrus frontalis infer. und der Gyrus temporalis sup. Es soll später von den Erfahrungen noch weiter die Rede sein, welche zur Localisation dieses Rindenfeldes der Sprache geführt haben, uns ist es nicht nur als das am längsten gekannte und ziemlich gut begrenzte Rindenfeld von Interesse, sondern auch noch durch einen anderen Umstand von Bedeutung.

Die Erfahrungen über die zu besprechenden Sprachstörungen, die unter dem Namen der Aphasie (im weiteren Sinne) zusammengefasst werden, gestatten einen, wenn auch nur geringen, Einblick in das was im Bereiche der Gehirnrinde vor sich geht, wenn der Mensch Gebrauch von der Sprache macht. Und handelt es sich um das grosse Räthsel von den Leistungen der Grosshirnrinde, so muss auch der kleinste Beitrag zu dessen Lösung bewillkommt werden. Hier scheinen überdies die Erfahrungen an Aphasischen in mancher Beziehung mit den Vorstellungen gut übereinzustimmen, die man sich von dem psychischen Zustande von Thieren, welchen Stücke der Hirnrinde exstirpirt wurden, gemacht hat. Denkt man sich die verschiedenen Modificationen der Aphasie von den Organen, welche Worte aufnehmen (centrale Verbindungen des N. acusticus, des N. opticus) und produciren (centrale Verbindungen der Nerven, welche die beim Sprechen in Verwendung stehenden Muskeln versorgen) auf anderweitige Organe übertragen, so resultiren Erscheinungen wie die des „rindenblinden“ des „seelenblinden“ Hundes, oder jenes, der die Pfote nicht mehr reichen kann u. s. w., ja es dürfte kaum fraglich sein, dass gewisse von Hirnläsionen des Menschen herrührende Erscheinungen in einem geringeren Dunkel erscheinen, wenn man sie von dem angedeuteten Standpunkt auffasst.

Dass ich die Aphasie von diesem etwas weiteren Gesichtspunkte auffasse, als es meines Wissens bisher geschehen ist, ist die Ursache, aus welcher ich im Folgenden, obzwar sie eine rein pathologische Erscheinung ist, näher auf sie eingehe.

Giebt ein Mensch auf eine Frage eine passende Antwort, so muss offenbar Folgendes in ihm vorgehen:

1) Er muss die gesprochenen Worte hören,
2) diese Worte müssen in ihm die ihnen zugehörigen Begriffe erwecken,
3) aus der mit Hülfe der Begriffe ausgeführten Denkoperation muss sich ein Resultat bilden,
4) dieses in Worte gekleidet werden,
5) es müssen die zum Aussprechen derselben nöthigen centralen Innervationen gesetzt werden, und endlich
6) müssen diese Innervationen in richtiger Anordnung und Intensität zu den betreffenden Muskeln gelangen.

Ist die erste Forderung nicht erfüllt, so hat man es mit einem Tauben, ist die letzte nicht erfüllt, mit einem höchst wahrscheinlich im Gehirnstamm Erkrankten zu thun, kommt die (unter 3 genannte) Denkoperation zu keinem Ende, so liegt eine Geisteskrankheit vor, jede andere Störung aber in den oben genannten Processen führt zur Aphasie.

Es giebt Krankheitsfälle, die nur so zu deuten sind, dass das (sub 2 genannte) Verständniss der Worte verloren gegangen ist. Es handelt sich hier um Kranke, die zwar ganz gut Worte aussprechen können, aber nicht mehr verstehen, obwohl sie gut hören. Ein Beispiel soll dies illustriren[1]:

„Eine 25jährige Frau wurde zehn Tage nach einer Entbindung beim starken Drängen auf dem Stuhl plötzlich bewusstlos. Nachdem das Bewusstsein wiedergekehrt, war sie nicht gelähmt, litt aber an Aphasie und Paraphasie.[2] Sie fand die Worte schwierig oder nicht, verkehrte oder verstümmelte sie, sagte Butter statt Doctor, warf Buchstaben und Silben aus, setzte andere ein, gebrauchte Infinitive statt der bestimmten Zeitform und conjugirte unregelmässige Zeitwörter regelmässig. Man hielt sie für taub, weil sie anfangs kein Wort verstand. Bald überzeugte man sich, dass sie das Klopfen an der Thür und das Ticken der Taschenuhr so scharf hörte wie ein Gesunder, zwei Hausglocken dem Klange nach unterschied u. d. m. Dagegen vernahm sie, wie sie später erzählte, die Wörter als ein verworrenes Geräusch. Einzelne Vocale hörte sie und sprach sie nach ....“

1 Dieser Fall rührt von SCHMIDT (Allgem. Zeitschr. f. Psychiatrie XXVII S. 304. 1871), ich citire ihn nach KUSSMAUL's Störungen der Sprache. S. 176. Leipzig 1877. einem Buche, an welches ich mich im Folgenden grossentheils halte, und das jedem zu empfehlen ist, der sich für den heutigen Stand dieses Gegenstandes und seinen ganzen Umfang interessirt.

2 Mit letzterem Worte bezeichnet man diejenige Sprachstörung, bei welcher statt der sinnentsprechenden Worte falsche, oder ganz sinnlos zusammengefügte zum Vorschein kommen.

Bei einer derartigen Aphasie verhält sich also der Kranke ähnlich wie wir uns ein intelligentes Thier vorstellen, das die Sprache der Menschen wohl hört, aber nicht versteht. Man kann ihn nicht gut mit einem Gesunden vergleichen, der eine fremde Sprache hört, denn dieser merkt sich, wenn ihm der Name eines Gegenstandes gesagt wird, denselben, nicht so der Aphasische. Wie schon Kussmaul[1] hervorhebt, beweisen diese Arten der Aphasie, dass die Localität des Gehirns, an welche die Empfindung von Geräuschen einzelner Vocale und Consonanten gebunden ist, eine andere ist als die, in welcher ein acustisches Wortbild als Symbol einer Vorstellung aufgefasst wird.

Es ist mir kein Fall bekannt geworden, in welchem sich diese „Sprachtaubheit" nicht auch mit „Sprachblindheit" combinirt hätte, d. h. hat ein Kranker das Vermögen verloren die gehörten Worte mit den richtigen Begriffen zu verbinden, so kann er dies auch nicht bei geschriebenen Worten, er kann dabei so gut sehen wie ein Gesunder. Es ist in dieser und mancher anderen Beziehung der Krankheitsfall von Lordat von Interesse und zu Berühmtheit gelangt; Lordat, selbst Professor der Medicin, litt mehrere Monate an Aphasie und beschrieb den Zustand, in welchem er sich während dieser Krankheit befand, ausführlich.[2]

Wie das Verständniss für gesprochene und geschriebene Worte verloren gehen kann, kann auch die Auffassungsgabe für Zahlen eingebüsst werden. Ein Rechnungsbeamter konnte noch die Zahl 766 Ziffer für Ziffer lesen, wusste aber nicht mehr was es bedeute, dass die Ziffer 7 vor den beiden 6 stehe. Auch das Verständniss für geschriebene musikalische Noten kann verloren gehen, während der Kranke noch gut nach dem Gehör spielt.[3]

Bei einer zweiten Form von Aphasie ist es dem Kranken nicht möglich, das Resultat seiner Gedanken in Worte zu kleiden (oben unter 4. genannt), sei es um dieselben auszusprechen, oder sie niederzuschreiben. In den meisten Fällen ist hier das Wort einfach vergessen. Sagt man es dem Kranken vor, so kann er es nachsagen, auch nachschreiben, hat es aber sogleich wieder vergessen. Durch letzteren Umstand lässt sich diese Form der Aphasie leicht von der erstgenannten unterscheiden.

Auffallend ist, dass bisweilen nur einzelne Worte, oder nur die Hauptworte, sehr häufig Namen dem Gedächtnisse entschwunden und

---

1 Kussmaul, Störungen der Sprache. S. 175. Leipzig 1877.
2 Lordat, Analyse de parole etc. Montpellier 1843.
3 Kussmaul, l. c. S. 181.

nicht wieder zu acquiriren sind. Auch kommt es vor, dass nur Theile der Worte vergessen sind.

So erzählt GRAVES [1], dass ein 56jähriger Mann nach einem Schlaganfall die Eigennamen und Substantiva bis auf ihre Anfangsbuchstaben vergessen habe. Er machte sich deshalb ein alphabetisch geordnetes Wörterbuch der zum Hausgebrauch nöthigen Substantiva und schlug, so oft er in der Unterhaltung auf ein solches stiess, darin nach. Wollte er z. B. Kuh sagen, so sah er unter K nach. So lange er den Schriftnamen mit dem Auge sah, konnte er ihn aussprechen, im Augenblick nachher war er dazu unfähig.

Wie sehr hier die Erkrankung auf das Gebiet der Sprache beschränkt sein kann, geht aus einem Fall von LASÈGUE hervor, der einen Musiker betraf, der vollkommen aphasisch und agraphisch (unvermögend zu schreiben) war, aber leicht eine gehörte Melodie in Noten niederschrieb.

Eine dritte Form von Aphasie ist dadurch charakterisirt, dass der Kranke seine Gedanken zwar in Worte kleiden, aber nicht die zum Aussprechen derselben nöthigen centralen Innervationen zu Stande bringen kann (oben mit Process 5 bezeichnet). Dass die Kranken Denkoperationen ausführen, die Resultate derselben auch in Worte kleiden, geht daraus mit Bestimmtheit hervor, dass sie dieselben aufschreiben können. Hingegen können sie auch vorgesprochene Worte nicht nachsprechen, und bei ihren Bemühungen dies zu thun, zeigen sie, dass ihre Mundtheile willkürliche Bewegungen ausführen können, sie verzerren den Mund, werfen die Zunge hin und her, bringen aber nur unarticulirte Laute hervor.

Ein junger blühender Beamter hatte in einem Anfalle von Bewusstlosigkeit die Sprache ganz eingebüsst, ohne dass weitere pathologische Erscheinungen zurückgeblieben wären. Er führte alle Bewegungen der Zunge und Lippen leicht aus. Da seine Geschäfte derart waren, dass sie sich schriftlich besorgen liessen, stand er seinem Amte weiter vor. Dem behandelnden Arzte übergab er eine sorgfältig von ihm abgefasste Geschichte seiner Krankheit. [2]

Es handelt sich bei diesen Kranken nicht um das Unvermögen, die Innervationen für bestimmte Buchstaben als solche zu finden, sondern es sind die Worte, deren Bildung ihnen unmöglich ist. Es geht dies erstere daraus hervor, dass viele Kranke, bei welchen noch ein Rest der Sprache zurückgeblieben ist, die also noch einzelne, oder noch verstümmelte Worte hervorbringen können, ein Wort ausspre-

1 GRAVES, Dublin quaterly Journ. XI. p. 1. 1851. Citirt nach KUSSMAUL l. c. S. 163.

2 TROUSSEAU, Med. Klinik. II. Art. Aphasie. Hier nach KUSSMAUL, l. c. S. 157.



chen können, nicht aber dasselbe Wort mit Weglassung einer Silbe, oder mit Umstellung der Silben, oder eine Silbe mit Umstellung der Buchstaben. Wenn ein Kranker z. B. nur die Silbe „tan" sagen kann, ist er doch unvermögend „nat" zu sagen. Zweitens geht dies daraus hervor, dass ein Kranker, der noch einige Worte zur Verfügung hat, einen Buchstaben in einem Worte, nicht aber in einem anderen aussprechen kann.[1]

Zur Illustration des letzteren Umstandes, sowie der Fälle von unvollkommener Aphasie dieser Art diene folgender, von Broca[2] herrührende Fall des Kranken Le Long: „Le Long verfügte nur über fünf Worte, die er seinen ausdrucksvollen Geberden erläuternd beifügte: oui, non, tois statt trois, toujours und Le Lo statt Le Long, also drei unversehrte und zwei verstümmelte Wörter. Mit oui bejahte, mit non verneinte er, mit tois drückte er alle Zahlbegriffe aus, indem er dabei mittelst eines geschickten Fingerspieles die bestimmte Zahl, die er im Sinne hatte, anzugeben wusste; mit Le Lo bezeichnete er sich; das Wort toujours gebrauchte er, wenn er seine Gedanken nicht mit den anderen Wörtern bezeichnen konnte. Le Long sprach somit das r in toujours richtig aus und elidirte es in trois, wie es Kinder machen, welche die Schwierigkeit der Verbindung des r mit dem vorausgehenden t noch nicht bewältigt haben; er hatte diese articulatorische Fertigkeit dauernd eingebüsst. Den Nasenlaut, den er in non articulirte, konnte er hinter seinem eigenen Namen nicht mehr anfügen, wie vordem."

Eine merkwürdige Erscheinung ist die, dass Kranke, welchen für gewöhnlich nur wenige Worte zur Verfügung stehen, in der Aufregung mehr, oft einen ganzen langen Fluch wohlarticulirt herausstossen. Jackson[3] giebt an, dass Aphasische die auf gewöhnliche Fragen nicht mit „nein" antworten können, diese Verneinung plötzlich herausstossen, wenn sie durch lächerliche Fragen, z. B. ob sie hundert Jahre alt sind, gereizt werden.

Die bisher besprochenen Vorgänge, deren Störungen zur eigentlichen Aphasie[4] führen, laufen in der Hirnrinde ab. Ist die Leitung der in der Gehirnrinde richtig gesetzten Innervationen nach den Muskeln geschädigt, so leidet natürlich die Sprache auch, sie wird skandirend, es fallen Buchstaben aus, sie wird stotternd, lallend und schliesslich ganz unverständlich, doch hat man es hier nicht mit dem

1 Es dürfte kaum ein Zweifel darüber obwalten, dass diese Schwierigkeit von gewissen Buchstabencombinationen, mit welchen wir auch Kinder kämpfen sehen, in der centralen Innervation, insofern sie noch in der Gehirnrinde stattfindet, ihren Grund hat.

2 Hier nach Kussmaul, l. c. S. 159.

3 Jackson, Brit. med. Journ. Decemb. 1871.

4 Ich habe oben die Formen von Aphasie hervorgehoben, welche mir physiologisch die wichtigsten erscheinen; es braucht kaum erwähnt zu werden, dass die Pathologen zum Theil ganz andere Eintheilungen treffen, doch ist hier nicht der Ort, hierauf näher einzugehen.

zu thun, was man Aphasie nennt. Diese Störungen in den Leitungsbahnen kann die Markmasse der Grosshirnhemisphären betreffen[1], sie liegt aber am häufigsten in den Nervenkernen der Medulla oblongata, vor allem in dem des N. hypoglossus, sodann im Facialis- und Vago-Accessoriuskern.

Was nun die Localisation der Sprachfunctionen in der Gehirnrinde anbelangt, so ist dies eine im Laufe der letzten Decennien so vielfältig discutirte Frage, dass es an diesem Orte unmöglich ist, eine vollständige Darstellung der hier aufgestellten Ansichten und Beweise für und wider zu geben. Wir müssen uns darauf beschränken, die Resultate, welche aus den Erfahrungen der Pathologen mit Sicherheit hervorgegangen sind, kennen zu lernen.

Die Anschauung, die man jetzt von der Lage und Ausdehnung des Rindenfeldes der Sprache hat, basirt auf zahlreichen Sectionsbefunden Aphasischer. Sie ist allmälig durch gegenseitige Ergänzung der Erfahrungen verschiedener Forscher entstanden.

Der erste nach Gall, der, gestützt auf Beobachtungen und Sectionsbefunde, der Sprache eine Localität im Gehirn anwies, war Bouillaud[2], und zwar verlegte er die Articulation der Worte in die Stirnlappen. Es gelang ihm jedoch nicht, trotz eines Jahre lang fortgesetzten Kampfes, diese Idee zum Durchbruch zu bringen, offenbar in Folge des Misscredites, den sie durch ihre Aehnlichkeit mit Gall'schen Anschauungen erweckte. Aehnlich ging es M. Dax[3] und seinem Sohne G. Dax[4], welche aus einer reichen Sammlung von pathologischen Fällen nachzuweisen suchten, dass Sprachstörungen constant bei Läsionen der linken Hemisphäre und nicht bei solchen der rechten Hemisphäre vorkommen. Eine Wendung in der allgemeinen Meinung trat ein, als Broca, der ursprünglich Gegner Bouillaud's war, im Jahre 1861 dessen Lehren der Hauptsache nach adoptirte und genauer dahin präcisirte, dass es der Gyrus frontalis inferior sinister ist, welcher unversehrt sein muss, wenn die Sprache erhalten sein soll.[5] Er brachte später[6] den Umstand, dass die linke Hemisphäre es ist, wel-

1 Wie in einem Fall Jolly's: Arch. f. Psych. III. S. 711. 1872.

2 Bouillaud, Traité clinique et physiologique de l'encéphalite. Paris 1825 und eine Abhandlung im Arch. de méd. 1825. In neuester Zeit hat sich Bouillaud den nun gangbaren Ansichten in den wesentlichen Punkten angeschlossen. S. Compt. rend. tom. 85. p. 308—314, 368—373.

3 M. Dax, Lésions de la moitié gauche de l'encéphale, coincidant avec l'oubli des signes de la pensée. Congrès méd. de Montpellier 1836, abgedruckt in der Gaz. hebd. Apr. 1865. No. 17.

4 G. Dax, Observations tendant à prouver la coincidence constante des dérangements de la parole avec une lésion de l'hémisphère gauche du cerveau. Bull. de l'acad. de méd. XXX. 1864—65; Gaz. méd. p. 765. 1864.

5 Broca, Sur le siège de la faculté du language articulé avec deux observations d'aphémie. Bull. de la soc. anat. August 1861 und Remarques sur le siège, le diagnostic et la nature de l'aphémie. Ebenda Juli 1863.

6 Broca, Du siège de la faculté du language articulé dans l'hémisphère gauche du cerveau. Bull. de la soc. d'anthropol. Juni 1865. Vergl. auch Bouillaud, Acad. de méd. 4. u. 11. April 1865 u. Banks, Dublin quaterly journ. of med. scienc. XXIX. p. 62.

cher die besondere Beziehung zur Sprache zukommt, damit in Verbindung, dass die Menschen überhaupt diese Hemisphäre mehr einüben, sowohl für mechanische Arbeiten, als durch das Schreiben, was ja alles vorzüglich mit der rechten Hand geschehe.

Von da an wurde die Lehre von der Localisation des Sprachvermögens ziemlich allgemein angenommen, und es handelte sich nur mehr darum, an der Hand neuer und gut untersuchter Fälle die Gränzen, die individuellen Verschiedenheiten und die Bevorzugung der linken Hemisphäre genauer festzustellen.

Als das eigentliche Rindenfeld der Sprache muss der hintere Theil des Gyrus frontalis inferior sinister und die Reil'sche Insel[1] der linken Seite angesehen werden: es gehört zu den Ausnahmen, dass Läsionen dieser Gegenden keine Sprachstörungen hervorrufen. Hingegen kommen bisweilen Sprachstörungen vor, auch wenn die Läsion keine dieser beiden Rindenregionen betrifft. Doch liegen dann die Läsionen fast immer in den angrenzenden Rindenantheilen.[2]

Es scheint, dass man es hier mit bedeutenden individuellen Schwankungen zu thun hat und dass das Rindenfeld, wie auch aus anderen Gründen anzunehmen ist, nicht scharf endigt.

Es giebt eine sehr grosse Reihe von Fällen, welche die wichtige Rolle der linken unteren Frontalwindung zur Evidenz demonstriren, ich will hier nur einen eclatanten, von Simon[3] publicirten, anführen: Ein Mann hatte sich, wie die Section ergab, bei einem Sturz vom Pferde einen Knochensplitter des Schädeldaches in die genannte Windung getrieben. Es war keine andere Schädelverletzung nachzuweisen. Dieser Mensch war nach seinem Sturze sogleich aufgestanden und wollte das Pferd wieder besteigen, als ein ihn begleitender Arzt ihn bat, sich untersuchen zu lassen. Es zeigte sich keinerlei Krankheitssymptom als Sprachlosigkeit. Doch machte er sich durch Zeichen verständlich. Er starb später in Folge der entzündlichen Affectionen, welche der Gehirnverletzung folgten.

Nach einer Zusammenstellung Lohmeyer's[4] kommen auf 53 Fälle von Aphasie ungefähr 34, in welchen die untere linke Stirnwindung entweder allein oder doch mit erkrankt ist.

Die auffallende Thatsache, dass die linke Hemisphäre beim Zustandekommen der Sprache so wesentlich mehr betheiligt ist, als die rechte, ist sichergestellt: Séguin[5] berechnete nach einer Zusammenstellung von 260 Krankengeschichten, dass die Anzahl der Fälle, in

1 Vergl. die von Meynert untersuchten und von Chrastina publicirten Fälle (Allgem. med. Centralzeitung. No. 10. 1867 und Oesterr. Zeitschr. f. prakt. Heilkunde. No. 23 u. 25. 1867); ferner Oedmansson (Dublin quaterly journ. of. med. sc. 1868. p. 482.)

2 Bourdon (Recherch. sur les centres moteurs. Obs. I.) beobachtete eine Sprachstörung, hervorgerufen durch eine Läsion an dem obersten Ende des Gyr. centr. ant.

3 Simon, Berl. klin. Wochenschr. 1871. p. 537. 549. 586. 597.

4 Lohmeyer, Arch. f. klin. Chirurgie. XIII. 1872.

5 Séguin, Quarterly Journ. of Physiol. Med. Jan. 1868.

welchen Aphasie durch linkseitige Läsionen entsteht, sich zu der Anzahl jener, in welchen rechtsseitige Erkrankungen vorliegen, verhält wie 14,3 : 1, wobei bemerkt werden muss, dass, wie aus anderweitigen Zählungen hervorgeht, hier nicht etwa eine Täuschung vorliegt, dadurch hervorgerufen, dass überhaupt mehr linksseitige Erkrankungen vorkommen als rechtsseitige.

Wir müssen diese Thatsache, welche nicht ganz zu den Vorstellungen, die wir uns von den Rindenfunctionen im Allgemeinen zu machen pflegen, passt, als solche hinnehmen, und finden nur eine unvollständige Analogie in dem von BROCA[1] hervorgehobenen Umstande, dass unsere linke Hemisphäre für mechanische Arbeiten geschickter und geübter sein muss, als die rechte. Deshalb eine unvollständige Analogie, weil die direkten Innervationen der rechten Hand eben einseitig von der linken Hemisphäre besorgt werden, die Innervationen der Sprachmuskeln aber bilateral geschehen.

Doch lässt sich die Analogie bis zu einem gewissen Grade durchführen. Fehlt in Folge von frühzeitigen Läsionen oder von Geburt her das motorische Rindenfeld des rechten Armes, so üben die betreffenden Individuen den linken Arm, d. h. die rechte Hemisphäre für die mechanischen Arbeiten ein. Solche Fälle sind von MONEAU, von KUSSMAUL[2] u. A. veröffentlicht. Aehnlich, muss man annehmen, ist es mit der Sprache. In den beiden angeführten Fällen war das Rindenfeld der Sprache auch von Kindheit an zerstört; dass diese Menschen doch gut sprechen konnten, ist ungezwungen nur so zu deuten, dass die Insel, unterste Stirnwindung u. s. w. der r e c h t e n Hemisphäre die Sprachfunctionen übernommen haben.

In dieser Beziehung ist ein Fall, den SCHWARZ[3] mittheilt, von Interesse. Bei einem gut entwickelten, dreijährigen Mädchen trat in der Reconvalescenz nach Masern plötzlich Sprachlosigkeit mit einer theilweisen Lähmung des rechten Armes ein. Die Läsion lag also in der linken Hemisphäre. Der Zustand besserte sich, doch musste das Mädchen ganz von neuem sprechen lernen und verhielt sich dabei wie ein normales Kind, das sprechen lernt.

Es hat also die linke Seite nicht das ausschliessliche Privilegium, der Sprache vorzustehen.

Die Analogie geht noch weiter. Es scheint, dass sogenannte linksseitige Individuen, die also im Gegensatz zu der Mehrzahl der Menschen die rechte, nicht die linke Hemisphäre für mechanische Arbeiten eingeübt haben, diese rechte Hemisphäre auch zur Sprache

1 BROCA, Bull. de la soc. d'anthropol. Juni 1865.
2 Vergl. dessen Störungen der Sprache. S. 136 u. 145. Leipzig 1877.
3 SCHWARZ, Deutsch. Arch. f. klin. Med. XX.



gebrauchen. Es haben Pye Smith, Jackson und John Ogle[1], Mongié[2], Russel[3], W. Ogle[4] Fälle beobachtet, die dies darzuthun scheinen. Linkshändige Menschen waren durch rechtsseitige Hirnläsionen aphasisch geworden und, was mehr beweist, in einer Zusammenstellung, welche William Ogle[5] von 100 Aphasiefällen macht, befanden sich drei linkshändige Menschen, und bei allen dreien betraf die Läsion die rechte Hemisphäre.

Ein für den Physiologen naheliegendes Beispiel, die Einübung einer Hemisphäre auch für die einem Sinnesorgane angehörigen psychischen Vorgänge zu demonstriren, ist folgendes: Jedermann weiss, dass Anfänger im Mikroskopiren durch subjective und entoptische Erscheinungen vielfach beirrt werden. Man sieht da mouches volantes, die Schatten der Augenwimpern u. dgl. m. Im Laufe der Einübung lernt man von allen diesen Dingen abstrahiren. Ich bin gewohnt ausschliesslich mit dem rechten Auge zu mikroskopiren. Blicke ich aber mit dem linken Auge ins Mikroskop, so befinde ich mich vollkommen in der Lage eines Anfängers; mich behindern die mouches volantes, ich sehe wieder meine Augenwimpern, wie ich mich erinnere, sie als Anfänger gesehen zu haben u. s. w. Dass es sich hier nicht um Verschiedenheiten der Augen, auch nicht um Ungeschicklichkeit der Kopfhaltung u. dgl. handelt, geht daraus hervor, dass, wenn ich mit dem linken Auge mikroskopire, auch der Wettstreit der Sehfelder, d. i. das Roth, das durch das Lid meines rechten Auges durchschimmert, in hohem Grade am Sehen des mikroskopischen Objectes hindert. Hier ist also das Spiel der Aufmerksamkeit durch die Uebung nur in der linken Hemisphäre regulirt worden.

---

1 Vergl. Simon, Berl. klin. Wochenschr. 1871.
2 Mongié, De l'aphasie. Thèse de Paris 1866.
3 Russel, Med Times and Gaz. Juli u. Okt. 1874.
4 W. Ogle, Dextral prominence. Philos. Transact. Tom. 45.
5 W. Ogle, Medico-chirurgical Transactions. XLV. p. 279; vgl. auch dessen Abhandl. Aphasia and Agraphia; St. George's hospital reports. II. p. 83. London 1867.

Die Lehre von den **Hirnbewegungen** ist im IV., die Lehre von der **chemischen Zusammensetzung des Gehirns und Rückenmarks** im V. Bande behandelt; betreffs der **Reaction** und des **Stoffwechsels** vergl. auch S. 136 der ersten Abth. dieses Bandes.

SACHREGISTER

ZUM ZWEITEN BANDE.

(Die stark gedruckten Zahlen bezeichnen den Theil des zweiten Bandes.)

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

K (s. auch C).

L.

M.

N.



O.

P.

T.

U.

V.



W.

Z.

Druckfehler

im ersten Theile des zweiten Bandes.

Seite 157, Zeile 10 v. unten, ist das Wort galvanische zu streichen.
„ 159, Zeile 10 v. unten, lies der der Cathode statt der Cathode.
„ „ Zeile 15 v. unten, lies 79 statt 97.
„ 160, Zeile 22 v. oben, lies ersten statt ersteren.
„ 164, Figur 18, muss es heissen k_0, k_1, k_2, statt k^0, k^1, k^2.
„ 175, Figur 22 C, dürfen die Drähte unter dem zweiten Rohransatz sich nicht berühren.
„ 233 und 235, im Columnentitel, lies supplirende statt supplicirende.
„ 254, Zeile 19 v. unten, lies Oxyakoia statt Oxyokoia.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.

RANVIER'S Technisches Lehrbuch

der

Histologie.

Uebersetzt

von

Dr. W. Nicati u. Dr. H. v. Wyss

in Zürich.

Mit zahlreichen Holzschnitten.

1—5. *Lieferung.*

gr. 8. 1876—79. à 3 M.



Bernard's, Claude, Vorlesungen über die thierische Wärme, die Wirkungen der Wärme und das Fieber. Uebersetzt von Dr. A. Schuster in München. Mit 8 Holzschnitten. gr. 8. 1876. 8 M.

Binz, Prof. C. (Bonn), Zur Theorie der Salicylsäure- und Chininwirkung. gr. 8. 1877. 1 M.

Eberth, Prof. C. J. (Zürich), Die foetale Rachitis in ihren Beziehungen zu dem Cretinismus. Festschrift. Mit 3 Taf. gr. 4. 1878. 4 M.

Hermann's Handbuch der Physiologie, s. Seite 1.

Hermann, Prof. L., Die Vivisectionsfrage. gr. 8. 1876. 1 M. 20 Pf.

Hertwig, Dr. O. u. Dr. R. (Jena), Das Nervensystem u. die Sinnesorgane der Medusen. Monogr. bearbeitet. Mit 10 Taf. gr. 4. 1878. 40 M.

His, Prof. W. (Leipzig), s. Seite 23. 26.

Hueter, Prof. C., Die Allgemeine Chirurgie. Eine Einleitung in das Studium d. chirurgischen Wissenschaft. Mit 1 Tafel. gr. 8. 1873. 14 M.

Holmgren, Prof. F. (Upsala), Die Farbenblindheit in ihren Beziehungen zu den Eisenbahnen und der Marine. Deutsche Ausgabe. Mit 5 Holzschn. u. 1 Farbentafel. gr. 8. 1878. 3 M. 80 Pf.

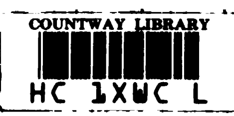
Koch, Dr. R. (Wollstein), Untersuchungen über die Aetiologie der Wundinfectionskrankheiten. Mit 5 Tafeln. gr. 8. 1878. 5 M.

Landois, Prof. L. (Greifswald), Die Transfusion des Blutes. Mit 6 Holzschn. u. 4 Tafeln. gr. 8. 1875. 10 M.

—— Beiträge zur Transfusion des Blutes. gr. 8. 1878. 1 M.

Schmiedeberg, Prof. O. u. Dr. **R. Koppe** (Dorpat). Das Muscarin. gr. 8. 1869. 2 M. 40 Pf.

Zahn, Dr. J. (Rostock), Beiträge zur pathologischen Histologie des Diphtheritis. Mit 4 Tafeln. gr. 8. 1878. 6 M.


COUNTWAY LIBRARY
HC 1XWC L

